Der Phosphorsäure-Haushalt im Heidesandboden.

Von

O. de Vries und C. W. G. Hetterschij.

(Rijkslandbouwproefstation, Groningen, Niederlande.)

In einer vorigen Abhandlung[1]) haben wir Versuche auf moorkolonialem Boden besprochen und dabei gezeigt, daß dieser Boden ein lehrreiches Beispiel gibt für einen Fall, in dem fast keine Festlegung des Phosphats auftritt. Sowohl die wasserlösliche als die zitronensäurelösliche Phosphorsäure im Boden steigt regelmäßig mit den verabreichten Phosphatgaben; der Phosphorsäure-Haushalt ist verhältnismäßig einfach und übersichtlich. Nur muß man damit rechnen, daß auf einem solchen Boden die Ausspülung der Phosphorsäure nicht außer acht zu lassen ist und in günstigen Fällen (Boden gut und tief gelockert und regelmäßig dräniert) 15—30 kg/ha P_2O_5 pro Jahr betragen kann.

Wir wollen jetzt als Beispiele von gewissermaßen genau entgegengesetzten Verhältnissen einige Versuche behandeln mit Böden, welche starke Phosphatfestlegung zeigen, und zwar zwei nebeneinander liegende Versuche auf neu urbar gemachtem Heideboden.

Vergleichsweise lassen die Hauptdaten für die verschiedenen Bodentypen sich wie folgt zusammenfassen:

Übersicht 1

Versuch	Bodentyp	Humus %	Phosphatfestlegung %	Eisen % Fe
Pr 87	neuer moorkolonialerBoden	5,6	18	0,12
Pr 113 und 122	Heideboden	3,0	98	0,14

Der Heideboden enthält 3,4 % Teilchen unter 20 μ, während der Sand nach der Korngröße die folgende Zusammensetzung hat: 76 % Teilchen über 100 μ, 6,9 % von 100 bis 75 μ, 6,6 % von 75 bis 50 μ, 3,2 % von 50 bis 35 μ und 0,8 % von 35—20 μ, zusammen 93,5 % Sand.

1. Versuch Pr 113, Heideboden in Hooghalen.

Die Parzelle des Versuchsgartens in Hooghalen, auf der Versuch Pr. 113 angelegt werden sollte, wurde durch Umpflügen bis auf eine Tiefe von 25 bis 30 cm im Frühjahr 1926 aus Heide urbar gemacht, wobei die Plagge untergepflügt wurde. Das Stück blieb danach mit einer spärlichen Unkrautbedeckung brach liegen. Im November 1931 wurde der Boden nochmals bearbeitet, um als Versuchsfeld zu dienen. Pro Parzelle wurde am 30. November 1931, nach der Bodenbearbeitung, aber vor der Phosphatanwendung eine Bodenprobe genommen. Der Humusgehalt war, wie gewöhnlich auf neuem Heideboden, niedrig,

[1]) Phosphorsäure 5, 38, (1935).

nämlich im Durchschnitt 3,04 %, pro Parzelle schwankend zwischen 2 und 4 %. Das pH war vor dem Beginn des Versuches im Durchschnitt 4,7, schwankend pro Parzelle zwischen 4,5 und 4,8. Die P-Zahl war 0; der Eisengehalt des Bodens 0,14 %, also niedrig. Die ungedüngte Parzelle 15 gab etwas später (20. April 1932), bei einem pH 4,5 und einer P-Zahl 0, die folgenden Zahlen nach LEMMERMANN: Zitronensäure 7, total 18, relativ 39.

Der Versuch bestand aus 35 kleinen Parzellen (2 mal 2 Meter) und enthielt die meisten Objekte zunächst in zweifacher Ausführung. Was den Ernteertrag betrifft, trug der Versuch nur orientierenden Charakter, und die Resultate der Ertragsbestimmungen sind als sehr unsicher zu betrachten; sie geben jedoch, im Zusammenhang mit den Standbeurteilungen zu verschiedenen Zeitpunkten während der Wachstumsperiode ein genügend deutliches Bild, da die Unterschiede zwischen den verschieden gedüngten Parzellen groß waren. Um Unterschiede bei der Bodenuntersuchung und bei der chemischen Zusammensetzung von Kartoffeln und Laub festzustellen, war die gewählte Größe der Parzellen genügend.

Wir besprechen zunächst sechs Objekte (Nr. 1—5 und Nr. 15 ohne Phosphat), auf denen das Phosphat am 2. Dezember 1931 in Form von primärem Kalziumphosphat gegeben wurde. Es wurde dabei gut durchgeharkt und mit der Gabel 10 cm tief in die Ackerkrume eingearbeitet. Alle Parzellen erhielten je ha 150 kg Stickstoff als Ammoniumnitrat, 300 kg Kali als Kaliumsulfat und 128 kg MgO als Magnesiumsulfat; diese wurden am 12. Mai bzw. 20. April 1932 gegeben. Als erste Versuchspflanze wurden Eigenheimer Kartoffeln gewählt.

Die Kartoffeln wurden am 20. April gepflanzt (16 Knollen pro Parzelle) und am 27. September ausgegraben. Auch auf den besten Parzellen hatten die Pflanzen sich etwas unregelmäßig entwickelt und lieferten eine mäßige Knollenernte.

Von den Parzellen wurden am 2. Dezember 1931, also sofort nach der Verabreichung und Durchmischung der Phosphatdüngung und danach wieder am 5. Januar und am 20. April und weiter am 27. September 1932 nach der Kartoffelernte, Proben genommen.

Die erhaltenen Zahlen findet man in Übersicht 2.

Die Versuchspflanze reagiert sehr stark auf die Phosphatdüngung; die Ertragszahlen sind bei diesen kleinen Parzellen nur als sehr annähernd zu betrachten, aber im Zusammenhang mit den Standzahlen und den Phosphatgehalten in der Trockensubstanz der Knollen zeigt sich, daß bei ungefähr 600 kg P_2O_5 (entsprechend gut 4000 kg Superphosphat je ha) unter diesen Umständen ein Maximalertrag erreicht worden ist. Die P-Zitr.-Zahl hat dabei einen Sprung gemacht von 23 auf 25 bei 400 kg und auf 40 bei 600 kg P_2O_5, so daß man bei diesem großen Intervall eine Grenzzahl nicht kennen lernt; mit der für die Methode LEMMERMANN gewöhnlich angenommenen Grenze von ungefähr 25 stehen diese Resultate nicht im Widerspruch.

Die P-Zahl in Wasser [siehe Phosphorsäure *5*, 40 (1935)] ist bei niedrigen Phosphatgaben = 0; bei einer Düngung mit 600 kg/ha

Übersicht 2

Objektnummer	15	1	2	3	4	5
P_2O_5 kg/ha	keine	100	200	400	600	900
P-Zahl, 2. Dezember 1931 . .	0	0	0	0	1	2½
5. Januar 1932	0	0	0	½	1½	3
20. April 1932	0	0	0	½	1½	2½
27. September 1932 . .	0	0	0	½	2	2½
P-Zitr., 20. April 1932 . . .	7	9	16	23	40	51
27. September 1932 . .	6	8	17	25	40	45
P-Total, 20. April 1932	18	20	32	39	57	74
Stand am 8. Juni 1932	1	1	2½	4½	7½	7½
29. Juni 1932	1	2	3½	5½	8½	9
6. Juli 1932	1	2½	4	4½	7½	6½
Kartoffeln, Knollen, kg pro Parz.	1,0	2,3	4,0	6,6	11,2	10,9
Stärkemehl % .	12,8	12,8	13,7	14,5	16,0	16,5
P_2O_5 % in Knollen	0,42	—	0,42	—	0,47	0,57
P_2O_5 g/Parz. in Knollen	0,8	—	3,6	—	12,4	13,6

P_2O_5 wird sie 1½, bleibt also niedrig, aber erhebt sich dennoch etwas über 0. Da dies eine sehr hohe Düngung mit löslichem Phosphat darstellt, bestätigt es sich, daß in diesem Boden eine sehr starke Festlegung des Phosphats stattfindet. Von praktischer Bedeutung ist die Tatsache, daß die P-Zahlen bei allen vier Probenahmen die Grenzen des Bestimmungsfehlers nur bei 900 kg/ha P_2O_5 übersteigen, so daß bei diesem phosphorsäurehungrigen Boden sogar so hohe Gaben wie 400 oder 600 kg/ha P_2O_5 sich bei der Untersuchung von Einzelproben nicht mit Sicherheit in der P-Zahl bemerkbar gemacht haben würden.

Weiter ist es beachtenswert, daß die Proben, welche einige Stunden nach der Phosphatanwendung genommen wurden (2. Dez. 1931), auch bei den höheren Phosphatgaben eine niedrige P-Zahl gaben: es wurden verabreicht 40 und 60 P-Zahl-Einheiten, die gefundene P-Zahl war 1½ bzw. 2½. Deshalb muß entweder das Phosphat sofort bei dem Durchgabeln schon durch den Boden festgelegt sein, oder aber die Festlegung fand statt während der Extraktion des Bodens für die Analyse, als sich ein annäherndes Gleichgewicht in dieser Suspension einstellte.

Bei diesem Boden wurde in der früher beschriebenen Arbeitsweise [Phosphorsäure *5*, 40 (1935)] die Phosphatfestlegung bestimmt und als 97 % gefunden. Steigende Mengen Phosphat gaben die folgenden Zahlen:

Übersicht 3

Verabreichte Einheiten	8	12	16	20	24	28
KH_2PO_4 : gefundene P-Zahl . .	0	1	1½	3	4	5
Festlegung in % . .	100	92	91	85	83	82
$Ca(H_2PO_4)_2$: gefundene P-Zahl . .	0	0	1	1½	3	4
Festlegung in % . .	100	100	94	93	88	86

Eine Einheit P-Zahl beziffert sich bei 10 cm Krume und einem Volumgewicht von 1,5 auf 15 kg P_2O_5. Bei dem primären Kalziumphosphat fängt die P-Zahl bei 20 bis 25 zugesetzten Einheiten an zu steigen. Nach dieser Festlegungsbestimmung würde die P-Zahl also bei 300—400 kg/ha P_2O_5 anfangen müssen über 0 zu steigen; auf dem Felde war dies nach Übersicht 2 bei 4—600 kg der Fall, also bei nicht sehr viel größeren Mengen, was aber dennoch darauf hindeuten dürfte, daß in einigen Monaten auf dem Felde die Festlegung etwas weiter fortschreitet als in der kurzen Zeit (1 Tag) des Behandelns für die Analyse.

Wir erwähnten schon, daß die Bodenproben, die einige Stunden nach der Düngung und dem Einbringen des Phosphats (2. Dez. 1931) genommen und nach Transport ins Laboratorium sofort zum Trocknen gelegt wurden, dieselben niedrigen P-Zahlen zeigten wie die in späteren Monaten aus dem Felde genommenen Bodenproben, so daß die Festlegung entweder im Boden sehr schnell verlaufen oder ganz auf Rechnung der Festlegung während der Analyse (Extraktion) gestellt werden muß.

Um darüber etwas zu erfahren haben wir von der in Übersicht 3 behandelten Probe (genommen 16. Okt. 1931, Mischprobe vor Anlage des Versuchfeldes) Portionen von üblicher Größe mit steigenden Mengen festem Monokalziumphosphat gut gemischt, angefeuchtet, sofort 50 ccm Wasser zugesetzt und weiter behandelt wie für die Bestimmung der P-Zahl. Zeit für das Phosphat, um sich mit dem Boden in angefeuchtetem Zustand zu binden, war also kaum vorhanden; die gefundene Festlegung muß während der Analyse (24-stündige Extraktion mit Wasser bei 50 ° C) stattgefunden haben. In Übersicht 4 sind die gefundenen Zahlen angeführt, zusammen mit den Zahlen für Feldproben vom 2. Dez. 1931 (einige Stunden nach der Phosphatdüngung) und 27. Sept. 1932 (10 Monate später).

Übersicht 4

Zugesetzte P-Zahl-Einheiten	40	60	80	120
P-Zahl, Trockner Boden	2	5	10½	30½
Aus dem Felde, nach einigen Stunden	1	2½	—	—
Aus dem Felde, nach 10 Monaten . .	2	2½	—	—
P-Zitr, Trockner Boden	34	54	74	113
Aus dem Felde, nach 4½ bis 10 Monaten	40	48	—	—

Gut anschließend an die Festlegungsbestimmung — bei der allerdings nicht so große Mengen Phosphat in Verwendung kommen (siehe Übersicht 3) — zeigt sich aus den P-Zahlen, daß der weitaus größte Teil der Festlegung auf Rechnung der Analyse kommen *kann*. Die P-Zahlen 2 und 5 scheinen darauf hinzuweisen, daß beim Mischen mit feuchtem Boden im Felde eine Festlegung stattfindet, wobei sie die P-Zahlen 1 bis 2½ ergeben. Die P-Zitr.-Zahlen aus dem Felde können nicht anders als annähernd sein, weil die Regelmäßigkeit des Durchmischens nie ideal ist und die Tiefe der Durchmischung und der Probenahme im Felde natürlich auch nur annähernd sind.

Die Tatsache, daß während der Analyse eine starke Festlegung stattfinden kann, bedingt, daß eine niedrige P-Zahl nicht allgemein den Schluß zuläßt, daß das Phosphat im Boden festgelegt war. Es kann, größtenteils oder teilweise, während der Analyse gebunden worden sein. Die Möglichkeit bleibt, daß z. B. bei stellenweiser Anhäufung von Düngerkörnern, oder kurz nach der Düngung, in der Bodenlösung höhere Phosphatkonzentrationen vorkamen.

Dieses Versuchsfeld lieferte also ein Beispiel starker Phosphatfestlegung; die P-Zahl steigt sogar bei großen Phosphatgaben nicht über 3 hinaus. Die Phosphatwirkung auf das Wachstum ist auffällig; bei einer P-Zahl von etwa 1½ wird — bei abnorm großen Phosphatgaben — ein Maximum in Entwicklung und Ertrag erreicht. Es zeigt sich aber, daß während der Analyse Phosphatfestlegung stattfindet, so daß eine niedrige P-Zahl noch nicht sagen will, daß in der Bodenflüssigkeit überall nur wenig gelöstes Phosphat vorkommt. Es war also wichtig, zu untersuchen, was in diesem Boden geschieht, wenn reichlich Gelegenheit und Zeit zur Festlegung war, also wenn das Phosphat schon seit längerer Zeit im Boden lag.

2. Fortsetzung 1933.

Wir haben darum den Versuch in der Weise fortgesetzt, daß 1933 jedesmal eine der Parallelparzellen unverändert (ohne Phosphatdünger) gelassen wurde, also auf Nachwirkung, und der anderen Parzelle dieselbe Menge Phosphat gegeben wurde wie 1932, und zwar am 9. März 1933. Am 7. April wurde gedüngt mit 300 kg/ha K_2O in Form von Kaliumsulfat und 128 kg/ha MgO als Magnesiumsulfat; am 3. Mai mit 150 kg/ha N als Ammoniumnitrat.

Gepflanzt wurden 1933 wieder Eigenheimer Kartoffeln, und zwar am 7. April.

Wenn man annimmt — ausgehend von der niedrigen P-Zahl und der hohen Festlegungszahl — daß dieser neue Heideboden das Phosphat festlegt, dann wird bei der *erstgenannten Serie Parzellen* (Nachwirkung) das Phosphat nach einem Jahr durch den Boden sicher maximal festgelegt sein müssen. Diese Parzellen gaben die in Übersicht 5 zusammengestellten Zahlen.

Die am 19. Mai und am 6. September 1933 genommenen Bodenproben zeigten etwas niedrigere P-Zahlen als die Proben von 1932. Die P-Zahlen der Objekte 4a und 5a waren im April 1932 1 und 2, im September desselben Jahres 3 und 3; im Mai 1933 waren sie für beide Objekte bis auf 1 gesunken; im September 1933 hatten sie den Wert 1 bzw. 2. Im Durchschnitt also ein Sinken von 2 auf 1. Die Unterschiede sind nicht groß, aber wohl als wirkliche anzusehen. Dies würde dafür sprechen, daß im Boden jedenfalls noch nachträglich eine weitere Festlegung stattgefunden hat, soweit nicht ein Wegspülen nach einer tieferen Schicht stattgefunden hat, worauf wir auf Seite 11 zu sprechen kommen. Die P-Zitr.-Zahlen sind von derselben Größenordnung geblieben, ausgenommen beim Objekt 4a, wo die Zahl von 44 auf 34 gesunken ist.

Die Kartoffelerträge sind 1933 bedeutend niedriger, nämlich un-

Übersicht 5

Parzellen, welche 1933 kein Phosphat erhielten

Objektnummer	15	1a	2a	3a	4a	5a
kg/ha P_2O_5 in 1932	keine	100	200	400	600	900
pH, 27. September 1932	4,7	4,8	4,8	4,8	4,7	4,9
6. September 1933	4,6	4,7	4,6	4 6	4,6	4,65
P-Zahl, 20. April 1932	0	0	0	1	1	2
27. September 1932	0	0	0	0	3	3
19. Mai 1933	0	0	0	0	1	1
6 September 1933	0	0	0	0	1	2
P-Zitr., 27. September 1932	6	8	18	25	44	54
19. Mai 1933	7½	8½	16	22	30	49
6. September 1933	7½	12	18	23	34	53
Stand am 19. Mai 1933	4	2	3	4	5	7
12. Juni 1933	2	3	3	4½	6	8
1. Juli 1933	1	1	1½	3	4	5
19. Juli 1933	2	2	2½	5	6	7
Kartoffeln, Knollen, kg pro Parz.	1,3	0,6	1,3	3,4	5,9	6,1
id. Stärkemehl %	—	11,9	13,5	12,5	13,4	12,4
P_2O_5, % in Knollen	0,32	—	0,35	—	0,32	0,38
P_2O_5, g pro Parzelle	0,9	—	0,9	--	4	5,9

gefähr die Hälfte von denen des vorigen Jahres. Auch 1933 wurde auf den Parzellen, welche 1932 mit 600 kg/ha P_2O_5 gedüngt wurden, der höchste Ertrag erhalten, aber dieser war um die Hälfte niedriger als 1932 und bedeutete praktisch eine Mißernte. Die P_2O_5-Entziehung durch die Knollen ist 1933 viel geringer und bei den Parzellen, welche 1932 gedüngt wurden, bis auf ungefähr ein Drittel gesunken (1933 4 bis 5,9 g, gegen 12,4—13,6 g 1932). Die Kartoffeln haben also 1933 eine ganz andere Phosphatbeschaffenheit in dem Boden vorgefunden als 1932, auch auf den Parzellen, welche 1932 sehr reichlich mit Phosphat gedüngt waren und 1933 reichlichen Vorrat enthalten haben müssen. Die P-Zitr.-Zahl zeigt eine ungefähr gleiche Menge in 1%iger Zitronensäure lösliches Phosphat wie 1932, die P-Zahl aber ist ein wenig gesunken; die Änderung in der Phosphatbeschaffenheit (Verfügbarkeit des Phosphats für die Pflanzenwurzeln) wird durch die Kombination beider Zahlen zwar angedeutet, aber nicht deutlich angegeben. Die Pflanzen leiden stark an den Folgen der Festlegung und geben nur eine halbe Ernte.

Die Kartoffeln dieser Parzellen hatten keinen Schorf (die Schorfzahlen waren alle gleich 0).

Vollständigkeitshalber weisen wir noch darauf hin, daß die pH-Zahlen in Wasser im September 1933 etwas niedriger ausfielen, wobei aber eine Saisonschwankung nicht ausgeschlossen ist. Es ist nicht möglich zu sagen, ob ein Unterschied im pH vielleicht etwas zu dem geringeren Ertrag beigetragen hat; wahrscheinlich ist dies bei den ziemlich pH-unempfindlichen Eigenheimer Kartoffeln nicht. Die Zahlen findet man in Übersicht 5.

Wie gesagt, erhielten *fünf andere Parzellen 1933 wieder Phosphat.* Auf diesen Parzellen können verschiedene Fälle vorkommen. Bei denjenigen, die während zwei Jahren sehr starke Phosphatgaben erhielten, könnte vielleicht das Festlegungsvermögen des Bodens ganz oder teilweise gesättigt sein; es würde auf diesen Parzellen nicht festgelegtes Phosphat verfügbar geblieben sein können. In einem solchen Falle würde die P-Zahl nicht mehr durch Festlegung niedrig gehalten werden und würde diese also steigen können. Dies ist, zu urteilen nach den Zahlen in Übersicht 6, auf Parzelle 5 b wirklich der Fall gewesen.

Übersicht 6

Parzellen, welche 1933 nochmals Phosphat erhielten

Objektnummer	15	1b	2b	3b	4b	5b
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1933	keine	100	200	400	600	900
pH, 27. September 1932	4,7	4,7	4,9	5,1	4,7	5,0
6. September 1933	4,6	4,55	4,7	4,95	4.8	4,85
P-Zahl, 20. April 1932	0	0	0	0	2	3
27. September 1932	0	0	0	1	1	1
19. Mai 1933	0	0	1	1	3	18
6. September 1933	0	0	1	2	4	7
P-Zitr., 27. September 1932	6	8	16	24	36	36
19. Mai 1933	7½	16	30	42	58	136
6 September 1933	7½	16	24	44	68	88
Stand am 19. Mai 1933	4	5	6	7	7	9
12. Juni 1933	2	3½	5	6	8	8
1. Juli 1933	1	4	5	5	8	6
19. Juli 1933	2	5	6	6	8	6½
Kartoffeln, Knollen, kg pro Parzelle	1,3	4,8	5,7	8,0	10,9	9,8
Stärkemehl %	—	14,9	14,2	15,7	18,5	16,3
P_2O_5, % in Knollen	0,32	—	0,40	—	0,58	0,67
P_2O_5, g/Parz.	0,9	—	5,3	—	16	15,7

Die P-Zahl für die Objekte 4 b und 5 b war im September 1932 1, stieg im Mai 1933 bis 3 bzw. 18 und war im September 1934 4 bzw. 7 geworden. Eine Wiederholung des Versuchs hat zu entscheiden, ob in der Tat zwischen Mai und September 1933 die zweite Gabe von 900 kg/ha P_2O_5 erst langsam festgelegt wurde; das übliche Mischen von Phosphat und Boden bei der Bodenbearbeitung kann dabei natürlich eine Rolle gespielt haben.

Bei den Parzellen, welche weniger Phosphat erhielten, ist die Änderung in der P-Zahl gering, und zwar eine kleine Steigerung, welche innerhalb der Bestimmungsfehler fällt.

Wenn wir die Erträge untereinander und mit denen in Übersicht 5 vergleichen, dann zeigt sich, daß die Pflanzen sehr deutlich auf die im Jahre 1933 verabreichte P_2O_5-Düngung reagieren. Wie im vorigen Jahr wurde eine maximale Ernte bei ungefähr 600 kg/ha P_2O_5 erreicht. Das stimmt auch mit den Standzahlen und der P_2O_5-Entziehung überein. Bei

P-Zitr.-Zahl 44 (Parzelle 3 b) kann also eine stärkere P-Düngung noch einen gehörigen Mehrertrag geben.

Auch diese Kartoffeln erhielten alle die Schorfzahl 0 (kein Schorf).

Wenn wir die P-Zahlen der Parzellen, welche insgesamt gleich viel P_2O_5 erhielten, vergleichen, so findet man für die Analyse von Sept. 1933 die in Übersicht 7 erhaltenen Zahlen.

Übersicht 7

Gesamt - P_2O_5 in kg/ha	P-Zahl			P-Zitr.		
	200	400	900/800	200	400	900/800
Volle Gabe 1932	0	0	2	18	23	53
Je eine halbe Gabe 1932 u. 1933	0	1	2	16	24	44

Die P-Zahlen sind bei diesen Gaben so niedrig, daß ein Unterschied in der Festlegung sich nicht sicher feststellen läßt. Möglicherweise hat die Gabe von 200 kg im März 1933 die P-Zahl im September 1933 etwas erhöht, aber bei der höheren Gabe zeigt sich dies nicht. Die P-Zitr.-Zahlen sind, wie zu erwarten, praktisch unabhängig von der Zeit der Phosphatverabreichung.

Die Standzahlen und Ernten findet man in Übersicht 8 verglichen.

Übersicht 8

Gesamt-P_2O_5 kg/ha	200 P_2O_5			400 P_2O_5			900/800 P_2O_5		
	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag
Volle Gabe 1932	3	2	1,3	$4^1/_4$	4	3,4	$7^1/_2$	6	6,1
Je eine halbe Gabe 1932, 1933	$4^1/_4$	$4^1/_2$	4,8	$5^1/_2$	$5^1/_2$	5,7	$6^1/_2$	$5^1/_2$	8,0

Wie man aus dieser Übersicht sieht, gaben die Kartoffeln einen sehr deutlich besseren Stand auf den Parzellen, welche die Hälfte des Phosphats 1933 erhalten haben; zweimal 400 kg P_2O_5 war im Stand etwas weniger gut, aber im Knollenertrag besser als 900 kg P_2O_5 auf einmal im Jahre 1932 verabreicht.

3. Fortsetzung 1934.

Um diese Verhältnisse näher zu studieren, wurde 1934 die Sachlage gewechselt; die a-Parzellen erhielten jetzt Phosphat, die b-Parzellen nicht. Gedüngt wurde wieder mit 150 kg/ha Stickstoff als Ammoniumnitrat, 300 kg K_2O in Form von Kaliumsulfat und 128 kg MgO als Magnesiumsulfat am 8. Mai 1934.

Es wurden wieder Eigenheimer Kartoffeln gepflanzt, und zwar am 18. April. Die Pflanzen hatten im Anfang Juni ziemlich unter Nacht-

frost zu leiden, erholten sich aber gut und gaben einen befriedigenden Bestand, der allerdings wegen der trockenen Sommermonate nicht üppig war. Schon Ende Juli begann das Laub zu verdorren. Geerntet wurde am 10. September.

Die Parzellen, welche *1934 kein Phosphat erhielten,* gaben die in Übersicht 9 erwähnten Ergebnisse, welche also mit den 1933er Zahlen in Übersicht 6 zu vergleichen sind.

Übersicht 9

Parzellen, welche 1934 kein Phosphat erhielten

Objektnummer	15	1b	2b	3b	4b	5b
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1933	keine	100	200	400	600	900
pH, 6. September 1933	4,6	4,55	4,7	4,95	4,8	4,85
24. Mai 1934	4,2	4,2	4,2	4,65	4,25	4,4
10. September 1934	4,3	4,35	4,5	4,8	4,75	4,8
P-Zahl, 6. September 1933	0	0	1	2	4	7
24. Mai 1934	0	0	0	0	1	2
10. September 1934	0	0	1	1	2	3
P-Zitr., 6. September 1933	7½	16	24	44	68	88
24. Mai 1934	7	15	26	38	54	76
10. September 1934	8	12	20	33	46	68
Festlegungszahl, 25. Oktober 1934	98	86	84	86	66	74
Stand am 24. Mai 1934	1	1	1	2½	2	3
25. Juni 1934	2	2	4	6	6	7
30. Juli 1934	3	3½	4½	5	7	7½
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz.	2,0	1,9	3,1	3,6	6,4	6,6
Stärkemehl, %	14,3	14,4	14,9	15,0	16,1	15,6
P_2O_5, % in Knollen	0,35	0,37	0,32	0,32	0,50	0,54
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	1,4	1,4	2,0	2,4	6,9	7,6
Schorf	1	¼	0	1½	¼	1

Das pH war am 24. Mai 1934 im Durchschnitt 0,4 niedriger als im September 1933. Im September 1934 waren die pH-Werte wieder gestiegen und erreichten bei den höheren Phosphatgaben wieder ungefähr die Werte von 1933. Eine Saisonschwankung ist hier nicht unwahrscheinlich.

Die P-Zahl ist im Winter 1933/34 sehr gesunken und erreicht bei den höchsten Phosphatgaben nur noch die Zahl 1—2 und im Herbst 2—3. Es hat also weiter starke Festlegung stattgefunden; auch die auf Parzelle 5b gegebenen 1800 kg/ha P_2O_5 (entsprechend etwa 12½ t Superphosphat je ha) hatten den Phosphathunger dieses Bodens noch nicht abgestumpft.

Die Festlegungszahl ist noch hoch, aber es hat doch bei steigenden Phosphatgaben eine Abnahme dieser Zahl stattgefunden.

Der Ernteertrag erreicht mit 6,4—6,6 kg je Parzelle bei weitem nicht den Höchstertrag derjenigen Parzellen, welche 1934 Phosphat erhielten (8 kg je Parzelle, siehe Übersicht 14), so daß der Einfluß des

im Frühling 1934 gegebenen Phosphats bei diesen letzteren sehr merkbar war.

Die Parzellen 4 b und 5 b geben einen viel höheren Ertrag als die übrigen und auch diesmal ungefähr gleich viel.

Der Phosphatentzug durch die Knollen ist bei diesen Parzellen auch viel geringer, fast die Hälfte von denen, welche das Phosphat 1932 und 1934 erhielten (Übersicht 14). Die weitere starke Festlegung und vielleicht auch Auswaschung ist also für die Pflanzen von großer Bedeutung gewesen.

Die Schorfzahl schwankt etwas, zeigt aber keinen Zusammenhang mit der Phosphatgabe, was bei dem für alle Parzellen gleichen pH auch nicht zu erwarten war.

Wenn man die geringe Phosphatenziehung durch das verdörrte Kartoffellaub (für die höchsten Phosphatobjekte etwa 2 kg/ha je Ernte) außer Betracht läßt, kann man den Entzug durch die Ernte vergleichen mit dem von den P-Zitr.-Zahlen angegebenen Vorrat. Übersicht 10 gibt diese Zahlen.

Übersicht 10

Objektnummer	15	1b	2b	3b	4b	5b
In der zweijährigen Düngung gegeben kg/ha P_2O_5	0	200	400	800	1200	1800
Phosphatentzug durch drei Ernten, in kg/ha	8	19	27	45	89	92
Berechnete Zunahme im P-Vorrat, in kg/ha	—8	181	373	755	1111	1708
P-Zitr.-Zahl zeigt Zunahme an, in kg/ha	—	75	195	390	585	915

(Der Phosphatentzug durch die Ernte 1932 und 1933 ist für die Objekte 1 b und 3 b durch Berechnen geschätzt.)

Durch die P-Zitr.-Zahlen wird also viel weniger Phosphat als der berechnete Vorrat angezeigt. Dabei denkt man allererst daran, daß mit 1 % Zitronensäure nur einmalige Extraktion stattfand. Mehrfache Extraktion gab folgende Zahlen:

Übersicht 11

Auszug	1	2	3	4	Total P-Zitr.-Zahl	Total kg/ha P_2O_5	In Übersicht 10 berechneter Überschuß kg/ha P_2O_5
Objekt 0 P_2O_5 . .	8	2	1/2	0	10,5	158	—8
„ 100 P_2O_5 . .	15	4	1	0	20	300	181
„ 200 P_2O_5 . .	19	4	2	0	25	368	373

Die Anreicherung gegenüber ungedüngt beträgt: bei 100 kg/ha P_2O_5: 300—158 oder 142 kg gegenüber 189 berechnet, oder 75 %; bei 200 kg/ha P_2O_5: 368—158 oder 210 kg gegenüber 381 berechnet, oder 55 %.

Somit gibt totale Extraktion mit 1%iger Zitronensäure auch nur die Hälfte bis drei Viertel des berechneten Vorrats an. Dies legt die Vermutung nahe, daß Phosphat aus der oberen 10-cm-Schicht ausgewaschen wurde, oder daß das Phosphat vom Boden in einer derartigen Weise festgelegt wurde, daß es in Zitronensäure nicht mehr löslich ist.

Um die erste Vermutung nachzuprüfen, wurden von den Parzellen am 26. Oktober an 6 Stellen schichtenweise Proben genommen. Die Ergebnisse findet man in Übersicht 12 (S. 12/13).

Bei den größeren Phosphatgaben findet sich also in der Schicht unmittelbar unter der Krume eine merkliche Menge Phosphat; tiefer als 15 cm ist aber wenig Phosphat eingedrungen. Wenn wir die Anreicherung gegenüber ungedüngt in der ganzen 0—25-cm-Schicht für P-Total und P-Zitr. vergleichen mit der berechneten Zunahme in P_2O_5-Vorrat, ergibt es sich, daß, mit Ausnahme der Objekte 2b und 3b, P-Total eine Zunahme von derselben Größenordnung anzeigt wie die berechnete. Die P-Zitr.-Zahlen geben eine weniger große Zunahme an, so daß neben Auswaschung nach einer tieferen Schicht auch damit zu rechnen ist, daß die Phosphorsäure bei einmaligem Ausziehen mit 1 %iger Zitronensäure nicht ganz in Lösung geht.

Diese Berechnungen geben die Sachlage natürlich nur schätzungsweise an, da das Versuchsfeld ziemlich ungleichmäßig ist und wir bei der Berechnung als Anfangszustand der gedüngten Objekte immer denjenigen der ungedüngten Parzelle nehmen mußten, wodurch einige Male eine negative Phosphatentziehung resultierte.

Aus dem Verlauf der P-Total- und P-Zitr.-Zahlen in Übersicht 12 ergibt sich, daß die Zunahme im Phosphatgehalt unter der 0—10-cm-Schicht sich größtenteils beschränkt auf die Schicht von 10—15 cm. Es wäre also nicht ausgeschlossen, daß die Bewegung der Phosphorsäure hauptsächlich von der Bodenbearbeitung verursacht wurde. Darum haben wir am 19. Dezember 1934 noch einmal von den Schichten 8—10, 10—12 und 12—14 cm Proben genommen, und zwar mit einem speziell konstruierten zylindrischen Bohrer, dessen eine Hälfte aufklappbar ist, so daß man den ausgehobenen Bodenzylinder betrachten und schichtenweise abschneiden kann.

Aus den Bohrungen gewann man den Eindruck, daß die Bodenbearbeitung, welche auf diesem Versuchsfeld mit seinen kleinen Parzellen mit der Grabgabel stattgefunden hatte, den Boden etwa 8 cm tief umgelegt hatte, also etwas weniger tief als die beabsichtigte Krumentiefe von 10 cm. Die Grenze war nicht deutlich sichtbar, aber in der 0—8-cm-Schicht war der Boden im allgemeinen besser gemischt. Die Schicht von 12—14 cm enthielt bisweilen Überreste der früheren Plagge. Aus der Beobachtung von Profilproben, welche auf einigen Parzellen genommen wurden — wobei die Grenze zwischen Untergrund und Krume auch nicht scharf sichtbar war — ergab sich, daß die Krume ungefähr 10 cm tief ist. Darunter befindet sich rötlicher und weißer Sand. Die Krume sowie der Untergrund sind noch sehr ungemischt. Aus der Beobachtung der Bohrungen und Profilproben, welche nicht ganz dasselbe Bild gaben, darf man jedenfalls wohl schließen, daß die Bodenbearbeitung nicht tiefer als 10 cm geht.

Objektnummer	15		1b	
Gesamt-P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1933	keine		200	
	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.
Schicht 0—10 cm	23	10	32	17
„ 10—15 cm	19	7	24	7
„ 15—20 cm	16	7	17	7
„ 20—25 cm	13	7	15	12
Zunahme gegenüber ungedüngt				
Schicht 0—10 cm	—	—	9	7
„ 10—15 cm	—	—	5	0
„ 15—20 cm	—	—	1	0
„ 20—25 cm	—	—	2	5
Zunahme in kg/ha P_2O_5 in der Schicht 0—25 cm	—	—	195	150
Aus Übersicht 10 berechnete Zunahme in P-Vorrat gegenüber ungedüngt, kg/ha	—	—	189	189

Die Proben, worin der Gesamtphosphorsäuregehalt bestimmt wurde, gaben die in Übersicht 13 erwähnten Ergebnisse.

Übersicht 13

Parzellen, welche 1934 kein Phosphat erhielten

Objektnummer	15	1b	2b	3b	4b	5b
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1933	keine	100	200	400	600	900
Schicht 8—10 cm	18	38	37	22	62	77
„ 10—12 cm	16	18	24	16	42	60
„ 12—14 cm	15	19	19	16	33	34
Zunahme gegenüber ungedüngt:						
Schicht 8—10 cm	—	20	19	4	44	59
„ 10—12 cm	—	2	8	0	26	44
„ 12—14 cm	—	4	4	1	18	19

Aus diesen Zahlen (welche übrigens denen aus Übersicht 12 nicht ganz parallel gehen, weil sechs Stiche von 4 cm Durchmesser offenbar etwas zu wenig sind für einen zuverlässigen Mittelwert) zeigt sich, daß eine Auswaschung nach einer Schicht unter der umgearbeiteten Krume stattgefunden hat, und zwar bis 4 oder 6 cm tiefer. Ob diese Auswaschung stattfand in Form von im Bodenwasser gelöstem Phosphat, oder durch mechanischen Transport von Düngerteilchen, oder von im Boden aus diesen geformten weniger löslichen Phosphaten, muß zunächst unentschieden bleiben und wäre Gegenstand von weiteren Untersuchungen.

Die *Parzellen, welche 1934 Phosphat erhielten,* und deren 1933er Resultate in Übersicht 5 beschrieben wurden, gaben die in Übersicht 14 erwähnten Zahlen.

sicht 12
kein Phosphat erhielten

2b		3b		4b		5b	
400		800		1200		1800	
P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.
40	21	51	31	76	53	98	69
21	8	23	11	41	25	76	57
14	5	17	4	22	6	16	9
12	4	18	6	15	5	13	8
17	11	28	21	53	43	75	59
2	1	4	4	32	18	57	50
—2	—2	1	—3	6	—1	0	2
—1	—3	5	—1	2	—2	0	1
255	135	495	315	1095	765	1560	1290
381	381	763	763	1119	1119	1716	1716

Auch bei diesen Parzellen hat im Frühjahr eine Saisonschwankung stattgefunden; im Herbst waren die pH-Werte einige Zehntel höher als ein Jahr vorher.

Übersicht 14

Parzellen, welche 1934 Phosphat erhielten

Objektnummer	15	1a	2a	3a	4a	5a
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1934	keine	100	200	400	600	900
pH, 6. September 1933	4,6	4,7	4,6	4,6	4,6	4,65
24. Mai 1934	4,2	4,3	4,2	4,3	4,3	4,3
10. September 1934	4,3	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
P-Zahl, 6. September 1933	0	0	0	0	1	2
24. Mai 1934	0	0	0	2	3	$4^1/_2$
10. September 1934	0	0	0	1	5	$8^1/_2$
P-Zitr., 6. September 1933	$7^1/_2$	12	18	23	34	53
24. Mai 1934	7	16	25	49	56	76
10. September 1934	8	16	20	36	63	80
Festlegungszahl, 25. Oktober 1934	98	89	75	74	64	64
Stand am 24. Mai 1934	1	1	2	$2^1/_2$	$2^1/_2$	$3^1/_2$
25. Juni 1934	2	5	6	7	7	$7^1/_2$
30. Juli 1934	3	5	7	8	9	$8^1/_2$
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz.	2,0	2,6	5,1	7,6	7,8	8,2
Stärkemehl, %	14,3	14,2	15,5	16,1	16,6	16,3
P_2O_5, % in Knollen	0,35	0,40	0,35	0,56	0,70	0,79
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	1,4	2,1	3,8	9,4	11,8	13,5
Schorf	1	$^1/_4$	$^1/_4$	$^1/_2$	1	1

Die P-Zahlen sind durch die Phosphatdüngung bei den höchsten Gaben bedeutend gestiegen. Die Objekte 4a und 5a, welche im September 1933 die P-Zahlen 1 bzw. 2 hatten, erreichten im Mai 1934 die Werte 3 bzw. 4½ und im September 5 bzw. 8½. Im Durchschnitt also eine Steigerung von 4 bzw. 4—5 Einheiten. Auch das Objekt 3a mit 400 kg/ha P_2O_5 gab noch eine Zunahme von 0 bis auf 1½. Diese Abnahme des festlegenden Vermögens spiegelt sich auch ab in der Festlegungszahl, welche für die Objekte mit den höchsten Phosphatgaben bis 64 sank.

Die P-Zitr.-Zahlen sind, wie zu erwarten, bedeutend gestiegen, und zwar für die beiden höchsten Phosphatobjekte mit ungefähr 25 Einheiten.

Die Höchsternte, ungefähr 8 kg pro Parzelle, ist besser als auf den Parzellen, die in diesem Jahr kein Phosphat erhielten (Übersicht 9), aber bleibt bei den Ernten von 1932 und 1933 (etwa 11 kg) sehr zurück. Dies ist hauptsächlich der Dürre im Sommer 1934 zuzuschreiben.

Wie schon auf Seite 9 bemerkt, ist der Phosphatentzug durch die Pflanzen fast zweimal so groß als auf den Parzellen, welche auf Nachwirkung lagen. Es ist also ein großer Unterschied, ob das Phosphat frisch gegeben wurde oder schon ein Jahr im Boden vorhanden war. Aus den Ertrags- und Standzahlen ergibt sich, daß bei einer Phosphatgabe von 600 kg/ha P_2O_5 der höchste Ertrag erreicht wird. Bei einer P-Zitr.-Zahl 36 gab eine Phosphatdüngung also noch einen Mehrertrag.

Die Schorfzahl schwankt zwischen ¼ und 1, und zeigt einigen Zusammenhang mit den Phosphatgaben und pH-Werten.

Wenn man bei diesen Parzellen wiederum die aus den mit der Düngung gegebenen und durch die Ernten entzogenen Mengen Phosphat berechnete Zunahme im P_2O_5-Vorrat des Bodens mit dem von den P-Zitr.-Zahlen angegebenen Vorrat vergleicht, erhält man folgende Vergleichszahlen:

Übersicht 15

Objektnummer	15	1a	2a	3a	4a	5a
In der zweijährigen Düngung gegeben, P_2O_5 in kg/ha	0	200	400	600	1200	1800
Phosphatentzug durch drei Ernten, kg/ha	8	11	21	46	70	80
Berechnete Zunahme im P-Vorrat, kg/ha	−8	189	379	754	1130	1720
P-Zitr.-Zahl zeigt Zunahme an, kg/ha	—	135	195	435	840	1095

Die P-Zitr.-Zahlen zeigen zwar mehr Phosphat an als bei den auf Nachwirkung liegenden Parzellen der Fall war (Übersicht 10), aber die durch diese Zahlen angegebene Zunahme im P-Vorrat ist doch be-

deutend niedriger als die berechnete Zunahme. Darum wurde auch bei diesen Parzellen untersucht, ob Phosphat nach niedrigeren Bodenschichten transportiert worden war. Die schichtenweise Probenahme gab die in Übersicht 16 angegebenen Zahlen (S. 16—17).

Die Bewegung der Phosphorsäure in absteigender Richtung ist im ganzen von derselben Größenordnung wie bei den Objekten (siehe Übersicht 12), welche das Phosphat 1932 und 1933 erhielten. Nur bei dem Objekt 5a mit frischem Phosphat ist der Transport bedeutend geringer als bei dem Objekt 5b auf Nachwirkung.

Die Anreicherung an Gesamtphosphorsäure der ganzen 0—25-cm-Schicht ist für die zwei höchsten Phosphatobjekte der berechneten Zunahme ziemlich gleich.

Auch bei den am 19. Dezember 1934 genommenen Bodenproben der Schichten 8—10, 10—12 und 12—14 cm zeigt sich, daß bei dem Objekt 5a und auch bei 4a eine geringere Bewegung in absteigender Richtung stattgefunden hat als bei den Objekten 5b und 4b. Aus dem Verlauf der P-Total-Zahlen in Übersicht 17 ergibt sich, daß wirklich eine Auswaschung nach der Schicht unter der umgearbeiteten Krume vorhanden ist, und daß die Bewegung also nicht hauptsächlich von der Bodenbearbeitung verursacht wurde, da diese, wie wir auf Seite 11/12 sahen, nicht tiefer als 10 cm geht.

Übersicht 17

Parzellen, welche 1934 wiederum Phosphat erhielten

Objektnummer	15	1a	2a	3a	4a	5a
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1934	keine	100	200	400	600	900
Schicht 8—10 cm	18	23	22	43	57	75
„ 10—12 cm	16	14	20	32	33	31
„ 12—14 cm	15	17	20	18	20	21
Zunahme gegenüber ungedüngt:						
Schicht 8—10 cm	—	5	4	25	39	57
„ 10—12 cm	—	—2	4	16	17	15
„ 12—14 cm	—	2	5	3	5	6

Wir können schließlich bei den beiden Serien Parzellen von diesem Versuchsfeld die in Übersicht 18 angegebenen Fälle vergleichen, wo im ganzen gleiche Düngergaben verabreicht waren, welche aber ungleich über die einzelnen Jahre verteilt waren.

Übersicht 18

	P-Zahl, 10. Sept. 1934					P-Zitr., 10. Sept. 1934				
Ges.-Menge P_2O_5 kg/ha	200	400	800	1200	1800	200	400	800	1200	1800
Je eine halbe Gabe 1932 u. 1933	0	1	1	2—	3	12	20	33	46	68
Je eine halbe Gabe 1932 u. 1934	0	0	1	5	$8^1/_2$	16	20	36	63	80

Objektnummer	15		1a	
Gesamt-P_2O_5 in kg/ha 1932 nnd 1934	keine		200	
	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.
Schicht 0—10 cm	23	10	26	18
„ 10—15 cm	19	7	16	6
„ 15—20 cm	16	7	15	6
„ 20—25 cm	13	7	17	18
Zunahme gegenüber ungedüngt:				
Schicht 0—10 cm	—	—	3	8
„ 10—15 cm	—	—	—3	—1
„ 15—20 cm	—	—	—1	—1
„ 20—25 cm	—	—	4	11
Zunahme in kg/ha P_2O_5 in der Schicht 0—25 cm	—	—	45	195
Aus Übersicht 15 berechnete Zunahme im P-Vorrat gegenüber ungedüngt, kg/ha	—	—	197	197

Die P-Zahlen sowie die P-Zitr.-Zahlen sind bei den Parzellen, welche auf Nachwirkung liegen, für die höchsten Phosphatgaben bedeutend niedriger als bei denen, welche 1934 gedüngt wurden.

Waren die P-Zitr.-Zahlen 1933 noch praktisch unabhängig von der Zeit der Verabfolgung, so ist dies Ende 1934 nicht mehr der Fall: die Festlegung und vielleicht auch die Auswaschung haben sich im letzten Jahre auf den Parzellen, auf denen 1934 nicht gedüngt wurde, weiter fortgesetzt und die P-Zitr. ist dort niedriger.

In Übersicht 19 findet man für beide Serien die Standzahlen und Ernten verglichen.

Übersicht 19

Gesamtmenge P_2O_5 in kg/ha	200			400			800			1200			1800		
	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag
Je zur Hälfte 1932 u. 1933	$1^1/_2$	$3^1/_2$	1,9	$2^1/_2$	$4^1/_2$	3,1	$4^1/_4$	5	3,6	4	7	6,4	5	$7^1/_2$	6,6
Je zur Hälfte 1932 u. 1934	3	5	2,6	4	7	5,1	$4^3/_4$	8	7,6	$4^3/_4$	9	7,8	$5^1/_2$	$8^1/_2$	8,2

Wie man sieht, sind stets die Standzahlen ebenso wie die Erträge auf den Parzellen, welche die zweite Phosphatgabe 1934 erhielten, erheblich höher als auf denen, welche 1934 auf Nachwirkung lagen.

sicht 16
wiederum Phosphat erhielten

2a		3a		4a		5a	
400		800		1200		1800	
P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.
45	27	55	39	73	59	108	79
18	7	25	17	45	29	54	33
13	7	16	6	21	6	19	6
12	10	16	8	14	8	12	6
22	17	32	29	50	49	85	69
—1	0	6	10	26	22	35	26
—3	0	0	—1	5	—1	3	—1
—1	3	3	1	1	1	—5	—1
285	285	555	510	990	900	1530	1215
387	387	762	762	1138	1138	1728	1728

Auf ersteren scheint das Phosphat 1934 viel besser für die Pflanzen verfügbar gewesen zu sein, und zwar findet sich dieser Unterschied auch bei den am stärksten gedüngten Parzellen, wo die P-Zahl inzwischen vor der Düngung auf 1—2 gekommen war (Übersicht 14). Unter den herrschenden Umständen zeigt eine im September bestimmte P-Zahl 4—7 neben einer P-Zitr. von mehr als 60 (Übersicht 9) also nicht eine Verfügbarkeit von Phosphorsäure an, welche so groß ist und bleibt, daß die Kartoffeln reichlich versorgt waren und daß eine im nächsten März frisch gegebene Phosphatdüngung überflüssig wäre.

4. Versuch Pr. 113 Hooghalen, gekalkte Parzellen.

Auf demselben Versuchsfeld Pr. 113 wurde 1931/32 eine zweite Serie von fünf Parzellen mit einfacher Wiederholung angelegt, wobei der Boden gekalkt wurde. Dazu wurde im Laboratorium durch Titration mit steigenden Mengen $Ca(OH)_2$ das Kalkbindungsvermögen bestimmt; dieses erwies sich als 4,1 Milliäquivalente je 100 g lufttrockenen Boden, um ein pH 6,5 zu erreichen, oder etwa 3000 kg $CaCO_3$ je ha bei einer Tiefe von 10 cm und einem Volumgewicht 1,5; also 1200 g pro Parzelle von 2 mal 2 m, um das pH bis zu einer Tiefe von 10 cm auf 6,5 zu bringen. Es wurde am 2. Dezember 1931 530 g Kreide (enthaltend 98½% $CaCO_3$) je Parzelle gegeben, also etwa 1300 kg $CaCO_3$ je Hektar, ausreichend, um pH 5,6 zu erreichen. Diese Ergebnisse findet man in Übersicht 20.

Das erwünschte pH ist also gut erreicht und liegt auf den gekalkten Parzellen fast genau um eine Einheit höher als auf den ungekalkten.

Bei den Objekten 6—10 wurden steigende Mengen primäres Kalziumphosphat gegeben und weiter Ammoniumnitrat und Kalium-

Übersicht 20

	pH nach Bekalkung		
	30. 11.	5. 1.	20. 4.
Objekt 1 — 5, ohne Kalk	4,58	4,74	4,73
6 — 10, mit Kalk	4,55	5,72	5,64
Objekt 11 und 12, ohne Kalk . . .	4,57	5,02	4,97
13 und 14, mit Kalk . . .	4,55	5,95	5,92
Objekt 15, ohne Kalk	4,50	4,50	4,50
16, mit Kalk	4,50	5,45	5,65

sulfat, genau wie auf der ungekalkten Hälfte (siehe Kapitel 1).

Diese Hälfte des Versuchsfeldes gab nun die in Übersicht 21 erwähnten Zahlen, welche in derselben Weise geordnet sind wie in Übersicht 2.

Übersicht 21

Objektnummer	16	6	7	8	9	10
kg/ha P_2O_5	keine	100	200	400	600	900
P-Zahl, 2. Dezember 1931 . . .	0	0	½	1½	1½	3
5. Januar 1932	0	0	0	0	1	1½
20. April 1932	½	0	½	1	1½	4½
27. September 1932 . . .	0	0	0	½	1	2
P-Zitr, 20. April 1932	8	12	16	32	30	61
27. September 1932 . . .	6	8	13	24	28	51
P-Total, 20. April 1932	16	25	34	51	51	81
Stand am 8. Juni 1932	3½	6½	6½	7	8	8½
29. Juni 1932	1½	7½	8½	7	9½	8
26. Juli 1932	2	3½	3½	4½	7	6½
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz. . . .	2,9	7,4	8,6	7,9	12,4	11,1
Stärkemehl, %	14,2	14,9	15,0	15,0	16,9	15,8
P_2O_5, % in Knollen	0,33	—	0,40	—	0,56	0,63
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	2	—	7,2	—	16,8	16,8

Wie man sieht, ist das Bild praktisch das gleiche wie auf der ungekalkten Hälfte (Übersicht 2). Die Analysenzahlen schwanken hier und da, was größtenteils auf die unvermeidlichen Fehler bei der Probenahme zurückzuführen ist (der Boden war auf diesem neu urbar gemachten Heideboden nicht sehr homogen) und zum Teil auch wohl auf die unvermeidlichen Analysenfehler. Bei den Standzahlen ist zu bemerken, daß die Pflanzen am 6. Juli, und besonders die Parzellen 6 und 7, durch beginnendes Absterben merkbar heruntergekommen waren; das fällt im Vergleich mit Übersicht 2 auch sehr auf. Der Zeitpunkt des Absterbens lag auf der gekalkten Hälfte merkbar früher als auf der ungekalkten. Die Ertragszahlen sind natürlich bei der geringen Größe

der Parzellen auch hier nur als annähernd zu betrachten, aber zusammen mit den Standzahlen und dem P_2O_5-Gehalt der Knollen zeigen sie, daß auch hier bei einer Düngung von 600 kg/ha P_2O_5 der höchste Ertrag erreicht wird. Von einem Einfluß der Kalkung (des höheren pH) auf die P-Zahl ist in diesem Fall nichts zu sehen: bei gleicher Phosphatdüngung ist die P-Zahl dieselbe, gleichviel, ob das pH 4,5 oder 5,5 (ungekalkte bzw. gekalkte Hälfte) war. Die Bekalkung gibt keinerlei Veränderung in den Festlegungserscheinungen; das Bild bleibt, wie wir es oben für die unbekalkte Hälfte skizziert haben. Dasselbe ist der Fall mit den P-Zitr.-Zahlen und den Ertragszahlen.

5. Fortsetzung 1933 auf der bekalkten Hälfte.

Auch von diesen Parzellen wurde 1933 die Hälfte (also jedesmal eine der beiden Parallelen) auf Nachwirkung, also ohne Kalk und Phosphat, aber mit Stickstoff und Kalidünger, gelassen, während die andere Parzelle wieder 530 g Kreide und eine bestimmte Menge primäres Kalziumphosphat wie zur Ernte 1932 erhielt.

Wenn wir zuerst wieder die Parzellen besehen, welche *auf Nachwirkung* liegen blieben, dann finden wir dabei die in Übersicht 22 erwähnten Zahlen.

Übersicht 22

Parzellen, welche 1933 keine Kreide und kein Phosphat erhielten

Objektnummer	16 a	6 a	7 a	8 a	9 a	10 a
kg/ha P_2O_5 in 1932	keine	100	200	400	600	900
pH, 27. September 1932	5,4	5,5	5,5	5,7	5,5	5,5
6. September 1933	5,15	5.15	5,2	5,2	5,15	5,25
P-Zahl, 20. April 1932	0	0	0	1	1	7
27. September 1933	0	0	0	1	1	3
19. Mai 1933	0	0	0	1	1	3
6 September 1933	0	0	0	1	1½	2
P-Zitr, 27. September 1932	5½	8	14	31	30	56
19. Mai 1933	6	12½	13½	28	36	52
6. September 1933	8	12	14	33	30	50
Stand am 19. Mai 1933	6	6	7	6	6	7
12. Juni 1933	3	4	4½	5	6	8
1. Juli 1933	1	3	3½	4	7	10
19. Juli 1933	2	4	4	6	8	9½
Kartoffeln, Knollen, kg/Parzelle	1,9	4,6	5,1	5,3	8,2	8,8
Stärkemehl, %	14,9	16,2	15,9	14,8	15,7	15,3
P_2O_5 in Knollen, %	0,27	—	0,31	—	0,35	0,41
P_2O_5, g/Parz in Knollen	1,2	—	3,8	—	6,7	8,4
Schorf	0	1	½	1	1½	1½

Bei diesen Parzellen sieht man also, daß bei den P-Zahlen von einer weiteren Festlegung im Laufe des Jahres wenig zu bemerken ist:

sie sind denen in Übersicht 21 ungefähr gleich. Auch die P-Zitr.-Zahlen sind praktisch dieselben wie 1932. Die Erträge sind aber bedeutend niedriger als 1932, und ebenso der P_2O_5-Entzug. Das im Dezember 1931 in den Boden gebrachte Phosphat ist offenbar nicht mehr genügend zur Verfügung.

Der Schorfbefall nahm einigermaßen zu, je nachdem für die Ernte 1932 mehr Phosphat gegeben war. Die gewöhnlich angenommene schorfverhütende Wirkung des Superphosphats (resp. hier primäres Kalziumphosphat) zeigt sich in diesem Falle also nicht.

Bei den Parzellen, welche *am 11. November 1932 nochmals Kreide nach 1300 kg/ha $CaCO_3$ und Phosphat* erhielten, ergab sich bei der Probenahme am 19. Mai 1933 eine Erhöhung des pH auf ungefähr 5,8, schwankend zwischen 5,4 und 6,2. Am 6. September 1933 war das mittlere pH 5,9, schwankend zwischen 5,4 und 6,4, während das pH bei den 1932 nicht gekalkten Parzellen im Durchschnitt 5,2 betrug. Durch die 1300 kg $CaCO_3$ hätte nach der Titration mit $Ca(OH)_2$ das pH von 5,2 bis auf 6,05 steigen müssen. Das stimmt also ziemlich gut. Diese Parzellen gaben für 1933 die in Übersicht 23 mitgeteilten Zahlen.

Übersicht 23

Parzellen, welche 1933 nochmals Kreide und Phosphat erhielten

Objektnummer	16b	6b	7b	8b	9b	10b
P_2O_5 kg/ha 1932 und 1933	keine	100	200	400	600	900
pH, 19. Mai 1933	5,5	5,4	5,65	6,2	5,65	6,2
6. September 1933	5,75	5,75	5,8	6,4	5,85	6,0
P-Zahl, 20. April 1932	1	0	0	1	2	2
27. September 1932	0	0	0	0	1	1
19. Mai 1933	0	0	0	2	5	8
6. September 1933	0	0	1/4	2	4	5
P-Zitr., 27. September 1932	7	8	12	17	26	46
19. Mai 1933	9	12	26	44	70	96
6. September 1933	9	16	26	50	68	96
Stand am 19. Mai 1933	5	8	8	10	10	10
12. Juni 1933	2	5	5	6	8	7
1. Juli 1933	2	4	5	5	6	5 1/2
19. Juli 1933	3	5	5 1/2	6 1/2	7	6 1/2
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz.	2,7	6,6	7,0	8,8	9,2	8,4
Stärkemehl, %	15,0	15,4	15,9	16,5	17,0	15,3
P_2O_5 in Knollen	—	—	0,40	—	0,63	0,68
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	—	—	6,2	—	14,3	13,1
Schorf	1/2	1 1/2	1/2	2	1	2 1/2

Ebenso wie bei der ursprünglich ungekalkten Hälfte (§ 2) hat die zweite Phosphatdüngung die P-Zahl bei den Objekten mit den höheren P-Gaben erhöht. Für die Objekte 8b, 9b und 10b stieg die P-Zahl von respektive 0—1 und 1 im September 1932 bis 2, 4 und 5 im September 1933, während sie im Mai 1933, kurze Zeit nach der Phosphatdüngung,

noch etwas höher gewesen war. Dies deutet also darauf hin, daß die erste P-Gabe für diese Objekte das Festlegungsvermögen schon zum Teil abgestumpft hatte. Für die Parzellen, welche weniger erhielten, ist dies noch nicht der Fall: hier bleibt die P-Zahl 0.

Die Pflanzen reagieren auch sehr deutlich auf die Phosphatdüngung, jedoch scheint das Maximum (im Gegensatz zu der ursprünglich nicht gekalkten Hälfte) schon bei 400 P_2O_5 erreicht zu sein, insofern die Versuchsfehler eine solche Schlußfolgerung zulassen. Bei einer P-Zitr.-Zahl 26 wird mit 200 kg/ha P_2O_5 der Höchstertrag noch lange nicht erreicht, und bleibt der P_2O_5-Gehalt der Knollen noch unter normal.

Wenn wir die Parzellen vergleichen, welche die gleiche Menge Phosphorsäure erhielten, dann zeigt sich (siehe Übersicht 24), daß auch bei der gekalkten Hälfte die 1933 verabreichte Düngung mehr gewirkt hat, obschon die P-Zahlen und P-Zitr.-Zahlen von gleicher Ordnung sind.

Übersicht 24

Gesamt-P_2O_5 in kg/ha	200 P_2O_5				400 P_2O_5			
	P-Zahl	P-Zitr.	Stand	Ertrag	P-Zahl	P-Zitr.	Stand	Ertrag
Gesamte Gabe 1932 .	0	14	5	5,1	1	33	5	5,3
Halbe Gabe 1932, halbe Gabe 1933 .	0	16	$5^1/_2$	6,6	$^1/_4$	26	6	7,0

6. Fortsetzung 1934.

Ebenso wie bei den ungekalkten Parzellen wurden im Jahre 1934 auch auf der gekalkten Hälfte die a-Parzellen gedüngt und die b-Parzellen auf Nachwirkung gelassen. Die b-Parzellen, welche also *1934 kein Phosphat erhielten,* gaben die in Übersicht 25 erwähnten Ergebnisse, welche mit den Zahlen in Übersicht 23 zu vergleichen sind.

Die pH-Werte sind ziemlich stark gesunken, am meisten bei den wenig oder nicht gedüngten Parzellen. Eine Wanderung von Kalk nach unten wäre nicht ausgeschlossen.

Die P-Zahlen sind, gleichwie die P-Zitr.-Zahlen, ein wenig niedriger als 1933, aber in viel geringerem Grade, als bei den ungekalkten Parzellen der Fall war. Von einer weiteren starken Festlegung ist hier wenig zu bemerken.

Die Ernteerträge sind jedoch ebenso wie bei den ungekalkten Parzellen niedriger als bei den a-Parzellen, welche 1934 wieder Phosphat erhielten (siehe Übersicht 29). Die erreichten Höchsterträge waren 6 und 7,3 kg/Parzelle. Sehr groß war auch der Unterschied in der Phosphatentziehung durch die Pflanzen. Für die Objekte 10b und 10a waren die Zahlen respektive 5,3 und 11,3 g je Parzelle. Also ungefähr die Hälfte für die Parzelle auf Nachwirkung, was einen größeren Unterschied darstellt als bei den ungekalkten Parzellen, welche für die Objekte 5b und 5a die Zahlen 6,6 bzw. 8,2 ergaben.

Übersicht 25

Parzellen, welche 1934 kein Phosphat erhielten

Objektnummer	16b	6b	7b	8b	9b	10b
kg/ha P_2O_5 1932 und 1933	keine	100	200	400	600	900
pH, 6. September 1933	5,75	5,74	5,8	6,4	5,85	6,0
24. Mai 1934	5,1	5,05	5,1	5,6	5,05	5,8
10. September 1934	5,3	5,1	5,1	5,8	5,4	5,9
P-Zahl, 6. September 1933	0	0	1/4	2	4	5
24. Mai 1934	0	0	0	0	1	3
10. September 1934	0	0	0	1	3	4
P-Zitr. 6. September 1933	9	16	26	50	68	96
24. Mai 1933	8	18	24	36	50	94
10. September 1933	9	12	17	32	50	90
Stand am 24. Mai 1934	3	3½	4	4½	5	5
25. Juni 1934	3	4½	5	6	6½	6
30. Juli 1934	3½	4	4½	5	6½	6
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz.	3,2	3,9	3,7	5,0	6,0	5,2
Stärkemehl, %	14,6	11,6	13,7	14,9	14,7	13,6
P_2O_5, % in Knollen	0,38	0,44	0,36	0,46	0,41	0,49
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	2,7	3,1	2,6	4,8	4,9	5,3
Schorf	3	4	3½	3	3½	4

Die Schorfzahlen sind, obschon die pH-Werte niedriger sind als 1933, ungefähr 2½ Einheit gestiegen; die Kartoffeln waren sehr schorfig. Mit den gegebenen Phosphatmengen hängt diese Zahl augenscheinlich nicht zusammen (1933 war ein Hinweis in dieser Richtung zu finden).

Über

Parzellen, die 1934

Objektnummer	16 b		6 b	
Gesamt-P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1933	keine		200	
	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.
Schicht 0—10 cm	22	9	33	18
10—15 cm	16	5	25	11
15—20 cm	13	4	23	13
20—25 cm	17	9	19	12
Zunahme gegenüber ungedüngt:				
Schicht 0—10 cm			11	9
10—15 cm			9	6
15—20 cm			10	9
20—25 cm			2	3
Zunahme in kg/ha P_2O_5 in der Schicht 0—25 cm			330	270
Aus Übersicht 26 berechnete Zunahme im P-Vorrat gegenüber ungedüngt, kg/ha			188	188

Wenn man den Entzug durch die Ernte mit dem von den P-Zitr.-Zahlen angegebenen Vorrat vergleicht, erhält man die in Übersicht 26 erwähnten Zahlen.

Übersicht 26

Objektnummer	16b	6b	7b	8b	9b	10b
In der zweijährigen Düngung gegeben, kg/ha P_2O_5	0	200	400	800	1200	1800
Phosphatentzug durch drei Ernten, in kg/ha	17	29	40	67	90	88
Berechnete Zunahme im P-Vorrat, in kg/ha	—17	171	360	733	1110	1712
P-Zitr.-Zahl zeigt Zunahme an, in kg/ha	—	60	135	360	630	1220

Wie es auch bei den ungekalkten Parzellen der Fall war, zeigen die P-Zitr.-Zahlen viel weniger Phosphat an als die berechnete Zunahme.

Die schichtenweise Probenahme dieser Parzellen deutet, wenn auch die P-Zitr.-Zahlen, im Gegensatz zu denen bei den ungekalkten Parzellen, nur wenig gesunken sind, doch auf Auswaschung hin. In der Schicht 10—15 cm findet man eine bedeutende Menge des gegebenen Phosphats wieder. Auch in der Schicht 15—20 cm ist noch Phosphat eingedrungen.

Übersicht 27 gibt die Ergebnisse an.

Mit Ausnahme der Objekte 6b und 9b ist die von P-Total angezeigte Zunahme von derselben Größenordnung wie die in Übersicht 26 berechnete.

sicht 27

kein Phosphat erhielten

7 b		8 b		9 b		10 b	
400		800		1200		1800	
P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.
43	21	58	32	73	49	113	90
19	7	33	15	28	16	64	58
16	7	13	4	18	7	18	7
15	11	12	4	16	9	17	6
21	12	36	23	51	40	91	81
3	2	17	10	12	11	48	53
3	3	0	0	5	3	5	3
—2	2	—5	—5	—1	0	0	—3
345	240	630	390	885	705	1770	1620
377	377	750	750	1127	1127	1729	1729

Die schichtenweise Probenahme im Dezember 1934 (Übersicht 28) zeigt, obschon (wie schon erwähnt) sechs Stiche offenbar nicht genügten und die P-Total-Zahlen deswegen denen aus Übersicht 27 nicht ganz parallel gehen, daß auch in diesem Falle Auswaschung nach der Schicht unter der umgearbeiteten Krume stattgefunden hat und die Phosphatbewegung also nicht von der Bodenbearbeitung verursacht wurde.

Übersicht 28

Parzellen, welche 1934 kein Phosphat erhielten

Objektnummer	16b	6b	7b	8b	9b	10b
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1933	keine	100	200	400	600	900
Schicht 8—10 cm	18	26	29	47	60	71
„ 10—12 cm	18	23	24	31	39	26
„ 12—14 cm	15	21	23	18	30	15
Zunahme gegenüber ungedüngt:						
Schicht 8—10 cm	—	8	11	29	32	53
„ 10—12 cm	—	5	6	13	21	8
„ 12—14 cm	—	6	8	3	15	0

Die Parzellen, welche 1934 wieder Phosphat erhielten, gaben die in Übersicht 29 mitgeteilten Zahlen.

Übersicht 29

Parzellen, welche 1934 wieder Phosphat erhielten

Objektnummer	16a	6a	7a	8a	9a	10a
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1934	keine	100	200	400	600	900
pH, 6. September 1933	5,15	5,15	5,2	5,2	5,15	5,25
24. Mai 1934	4,8	4,6	4,7	4,7	4,75	4,85
10. September 1934	4,9	5,1	4,9	5,05	5,1	5,2
P-Zahl, 6. September 1933	0	0	0	1	1½	2
24. Mai 1934	0	0	0	1	2½	5
10. September 1934	0	0	0	2	3	6
P-Zitr., 6. September 1933	8	12	14	33	30	50
24. Mai 1934	9	16	23	48	56	76
10. September 1934	9	15	20	41	48	72
Stand am 24. Mai 1934	2	3½	3½	3½	5	4½
25. Juni 1934	3	6	6½	7½	8	7½
30. Juli 1934	1	5	6	7	7½	8
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz.	1,9	4,3	6,0	6,6	7,3	7,0
Stärkemehl, %	14,5	15,5	15,7	15,3	15,3	15,2
P_2O_5, % in Knollen	0,31	0,35	0,40	0,55	0,66	0,76
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	1,2	3,2	5,0	7,9	10,2	11,3
Schorf	¼	1½	2	3	3½	3

Die pH-Werte sind bei diesen Parzellen, welche im Gegensatz zu den b-Parzellen nur einmal gekalkt wurden, seit dem vorigen Jahre nur wenig gesunken, obschon sich im Mai eine Saisonsenkung zeigte.

Die zweite Phosphatgabe hat die P-Zahlen bedeutend erhöht, aber sie sind noch nicht viel höher geworden als bei den b-Parzellen. Die drei höchsten Phosphatobjekte gaben hier die Zahlen 2, 3 bzw. 6, indem diese für die übereinstimmenden b-Parzellen 1, 3 bzw. 4 sind. Auch die P-Zitr.-Zahlen sind zwar gestiegen, aber denen bei den b-Parzellen doch ungefähr gleich geblieben.

Die frische Phosphatgabe hat die Erträge (wie schon bemerkt auf Seite 21) ziemlich stark erhöht, und ebenso den Phosphatentzug, welcher durch die neue Phosphatgabe doppelt so groß wurde als bei den b-Parzellen, welche im ganzen dieselbe Menge Phosphorsäure empfingen, jedoch 1932 und 1933. Der Höchstertrag an Knollen wurde bei einer Phosphatgabe von 600 kg/ha P_2O_5 erreicht, was gut mit den Standzahlen, also bei einer P-Zahl 3 und einer P-Zitr.-Zahl 48, übereinstimmt. Dies war auch der Fall bei den b-Parzellen, wo bei einer P-Zitr.-Zahl 50 eine weitere Phosphatgabe den Ertrag nicht mehr erhöhte und selbst ein Sinken verursachte. In beiden Fällen wurde also bei einer P-Zitr.-Zahl 50 der Höchstertrag erreicht, aber bei den 1934 neu gedüngten Parzellen war dieser Ertrag um 22 % höher.

Diese Parzellen ergeben etwas niedrigere Schorfzahlen als die b-Parzellen. Es scheint, daß diese Zahlen auch einigermaßen steigen mit den Phosphatgaben, obschon die drei höchsten Phosphatobjekte ungefähr dieselbe Zahl erbringen.

Übersicht 30

Objektnummer	16a	6a	7a	8a	9a	10a
In der zweijährigen Düngung gegeben, kg/ha P_2O_5	0	200	400	800	1200	1800
Phosphatentzug durch drei Ernten, in kg/ha	11	25	40	64	84	91
Berechnete Zunahme im P-Vorrat, in kg/ha	−11	175	360	736	1116	1709
P-Zitr.-Zahl zeigt Zunahme an, in kg/ha	—	105	180	495	600	960

Wie sich aus den Zahlen in Übersicht 30 ergibt, ist die aus der gegebenen Düngung und Entziehung durch die Pflanzen berechnete Zunahme im P-Vorrat fast zweimal so groß als der durch die P-Zitr.-Zahlen angezeigte Vorrat.

Die schichtenweise Probenahme (Übersicht 31, S. 26/27) zeigte wieder eine bedeutende Auswaschung der Phosphorsäure nach den unter der Krume liegenden Schichten an. Die Anreicherung bei P-Total der ganzen 0—25-cm-Schicht ist auch hier von derselben Größenordnung wie die berechnete Zunahme im P-Vorrat.

Eine Analyse von 2 cm dicken Schichten (Übersicht 32) zeigt auch hier, daß das Phosphat meistens in der Schicht 10—12 cm haften blieb

Objektnummer	16a		6a	
Gesamt-P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1934	keine		200	
	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.
Schicht 0—10 cm	20	6	29	13
10—15 cm	18	5	18	7
15—20 cm	17	5	17	6
20—25 cm	14	6	14	7
Zunahme gegenüber ungedüngt:				
Schicht 0—10 cm	—	—	9	7
10—15 cm	—	—	0	2
15—20 cm	—	—	0	1
20—25 cm	—	—	0	1
Zunahme in kg/ha P_2O_5 in der Schicht 0—25 cm	—	—	135	135
Aus Übersicht 30 berechnete Zunahme im P-Vorrat gegenüber ungedüngt, kg/ha	—	—	176	176

und nur für einen geringeren Teil in die Schicht 12—14 cm hinabwanderte.

Übersicht 32

Parzellen, welche 1934 wieder Phosphat erhielten

Objektnummer	16a	6a	7a	8a	9a	10a
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1934	keine	100	200	400	600	900
Schicht 8—10 cm	17	20	32	55	87	83
10—12 cm	14	20	26	48	70	70
12—14 cm	17	15	18	33	35	38
Zunahme gegenüber ungedüngt						
Schicht 8—10 cm		3	15	38	70	66
10—12 cm		6	12	34	56	56
12—14 cm		−2	1	16	18	21

In Übersicht 33 haben wir für die a- und b-Serien noch einmal die Ernteerträge und Standzahlen verglichen.

Übersicht 33

Gesamt-P_2O_5 kg/ha		200			400			800			1200			1800		
		Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag
Halbe Gabe	1932															
	1933	4	4	3 9	4½	4½	3,7	5¼	5	5,0	5¾	6½	6,0	5½	6	5,2
	1932															
	1934	4¾	5	4,3	5	6	6,0	5½	7	6,6	6½	7½	7,3	6	8	7 0

sicht 31
wieder Phosphat erhielten

7a		8a		9a		10a	
400		800		1200		1800	
P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.	P-Tot.	P-Zitr.
35	21	58	24	79	60	123	96
24	12	39	7	27	17	60	35
17	9	13	5	18	6	20	6
13	9	13	7	16	10	14	6
15	15	38	18	59	54	103	90
6	7	21	2	9	12	42	30
0	4	—4	0	1	1	3	1
—1	3	—1	1	2	4	0	0
270	330	690	300	975	945	1890	1590
371	371	747	747	1127	1127	1720	1720

Wir erhalten also dasselbe Bild wie bei den ungekalkten Parzellen (Übersicht 19). Die Standzahlen ebenso wie die Erträge sind bei den 1934 neu gedüngten Parzellen stets höher als bei den Parzellen auf Nachwirkung, obschon die total gegebenen Phosphatmengen dieselben sind.

Übersicht 34 (S. 28/29) gibt das durchschnittliche Bild der Wirkung des primären Kalziumphosphats für die ungekalkten und gekalkten Parzellen. Der Knollenertrag und der Phosphatentzug sind in Abb. 1 eingetragen. Wie man sieht, liegen die Kurven der Parzellen auf Nachwirkung bedeutend unter denen der frischgedüngten Parzellen.

Wenn man die mittleren Erträge der gekalkten und ungekalkten Objekte, welche die höchsten Erträge gaben, für die drei Erntejahre vergleicht, erhält man die in Übersicht 35 zusammengestellten Zahlen.

Übersicht 35

Ernte		600 kg/ha P_2O_5			900 kg/ha P_2O_5		
		kg/Parz. Knollen	% P_2O_5	g/Parz. P_2O_5	kg/Parz. Knollen	% P_2O_5	g/Parz. P_2O_5
1932	Phosphat 1931 .	11,8	0,52	14,6	11,0	0,60	15,2
1933	Phosphat 1932 und 1933	10,1	0,61	15,2	9,1	0,68	14,4
1934	Phosphat 1932 und 1934	7,6	0,68	11,0	7,6	0,78	12,4

Obwohl den Pflanzen 1933 außer der frischen Düngung auch noch der Vorrat von 1932, insofern dieser nicht zu stark festgelegt oder

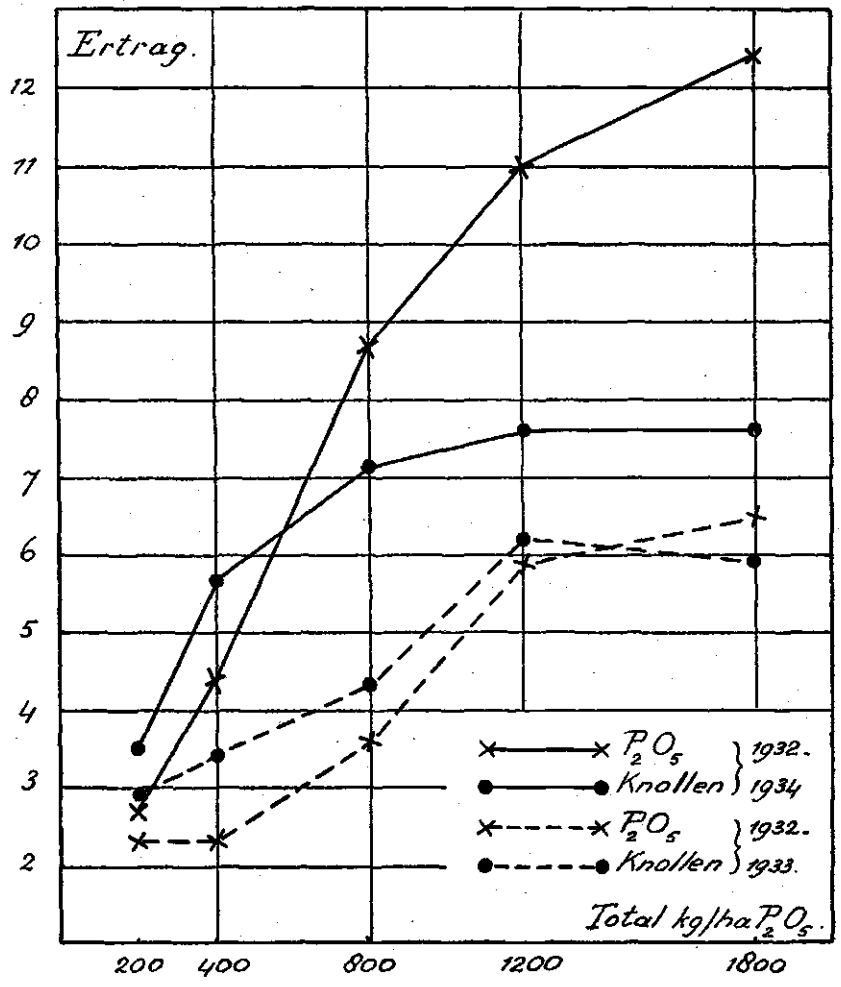

Abb. 1.

Zahlen aus Übersicht 34. Gezogene Linien: Knollen-Ertrag und P_2O_5-Ertrag bei den Parzellen, welche 1934 Phosphat erhielten. Gebrochene Linien: dasselbe für die Parzellen, welche 1934 auf Nachwirkung lagen, aber schon gleich viel Phosphat empfangen hatten.

Über

Gesamt-P_2O_5 in kg/ha	200					400				
	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag Knollen	% P_2O_5	P_2O_5-Entzug	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag Knollen	% P_2O_5	P_2O_5-Entzug
Je eine halbe Gabe 1932 u. 1933	2,8	3,8	2,9	0,41	2,3	3.5	4,5	3,4	0,34	2,3
Je eine halbe Gabe 1933 u. 1934	3,9	5,0	3,5	0,38	2,7	4,5	6,5	5,6	0,38	4,4

ausgewaschen wurde, zur Verfügung stand, ist doch für beide Objekte der Knollenertrag niedriger als 1932. 1934 ist der Unterschied noch viel größer. Die Sommermonate waren sehr trocken, und im Anfang Juni hatten die Pflanzen ziemlich unter Nachtfrost zu leiden. In diesem Jahre sind jedenfalls die stark verminderten Erträge wohl auf Rechnung der ungünstigen Wetterverhältnisse zu stellen.

7. Versuch Pr. 113. Parzellen mit phosphorsaurem Futterkalk.

Außer den oben besprochenen Parzellen, wo das Phosphat in Form von primärem Kalziumphosphat verabreicht wurde, waren auch einige Parzellen (Nr. 11—14) mit phosphorsaurem Futterkalk, einer ziemlich reinen Form von Dikalziumphosphat beschickt. Es war aus anderen Versuchen bekannt, daß auf neuem Heideboden Superphosphat besser wirkt als Thomasschlackenmehl, und es war also erwünscht, auch bei diesem Versuch einigen Aufschluß zu erhalten über den Einfluß der Form, in der das Phosphat gegeben wird, wobei wir zunächst Di- und Monokalziumphosphat einander gegenüberstellten.

Diese Parzellen gaben 1932 die in Übersicht 36 (S. 30) erwähnten Zahlen, welche mit Übersicht 2 und 21 verglichen werden können.

Die Zahlen stimmen ungefähr überein mit den Ergebnissen, welche für das primäre Phosphat gefunden wurden; eine besondere Wirkung des sekundären Phosphats ist nicht festzustellen.

Die Ertragszahlen sind bei diesen kleinen Parzellen wenig zuverlässig, deuten aber nicht darauf hin, daß das Dikalziumphosphat weniger gut gewirkt habe als das primäre Salz. Aufschluß über die oben erwähnte Beobachtung auf anderen Versuchsfeldern gibt dies also nicht; der Punkt wäre näher zu untersuchen.

8. Fortsetzung 1933.

Auch bei diesen Parzellen wurde 1933 je eine der beiden vorhandenen auf Nachwirkung gelassen, während die andere am 9. März 1933 wieder eine gleiche Gabe phosphorsauren Futterkalk erhielt. Drei Parzellen erhielten außerdem am 11. November 1932 Kreide entsprechend 1300 kg/ha $CaCO_3$. Die Resultate findet man in Übersicht 37.

sicht 34

800					1200					1800				
Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag Knollen	% P_2O_5	P_2O_5-Entzug	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag Knollen	% P_2O_5	P_2O_5-Entzug	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag Knollen	% P_2O_5	P_2O_5-Entzug
4,8	5,0	4,3	0,39	3,6	4,9	6,8	6,2	0,46	5,9	5,3	6,8	5,9	0,52	6,5
5,1	7,5	7,1	0,56	8,7	5,6	8,3	7,6	0,68	11,0	5,8	8,3	7,6	0,78	12,4

Übersicht 36

	1932, ungekalkt		1932, gekalkt	
Objektnummer	11	12	13	14
kg/ha P_2O_5	200	600	200	600
pH, vor Anfang	4,55	4,6	4,55	4,55
2. Dezember 1931 . . .	4,75	5,05	5,95	5,85
5. Januar 1932	4,95	5,1	5,95	5,95
20. April 1932	4,8	5,15	5,75	6,1
27. September 1932 . . .	5,05	5,1	5,7	5,55
P-Zahl, 2. Dezember 1931 . . .	$^1/_2$	2	$^1/_2$	2
5. Januar 1932	0	1	0	$1^1/_2$
20. April 1932	0	2	0	1
27. September 1932 . . .	0	$1^1/_2$	0	$^1/_2$
P-Zitr., 20. April 1932	14	45	16	40
27. September 1932 . . .	15	41	15	34
P-Total, 20. April 1932	26	65	28	55
Stand am 8. Juni 1932	8	$8^1/_2$	$7^1/_2$	$8^1/_2$
29. Juni 1932	6	$8^1/_2$	$5^1/_2$	$8^1/_2$
26. Juli 1932	6	7	—	—
Kartoffeln, Knollen, kg/Parzelle .	7,9	11,6	7,0	11,2
Stärkemehl, %	14,9	16,6	15	16
P_2O_5, % in Knollen	0,37	0,52	0,40	0,53
P_2O_5, g/Parz.	6	14	6	13,6

Auch auf diesen Parzellen sieht man dieselbe Erscheinung wie bei den mit primärem Kalziumphosphat gedüngten Parzellen (Kapitel 1—2 und 4—5). Bei den 1933 nicht mit P gedüngten Objekten ist die P-Zahl (welche bei einer Dosis von 600 P_2O_5 im Jahre 1932 1 oder 2 geworden war) 1933 bis auf 0 gesunken, was also auf eine allmähliche Festlegung hindeutet. Bei den Parzellen, welche 1933 Phosphat erhielten, ist die P-Zahl bei der höchsten Phosphatgabe (hier 600 P_2O_5 auf den Parzellen 12b und 14b) bis auf 11 bzw. 7 gestiegen, so daß hier offenbar keine bedeutende weitere Festlegung (sei es im Boden, sei es während der Analyse) stattgefunden hat. Aber nach einem halben Jahre (im September 1933) sind die P-Zahlen schon wieder bis auf weniger als die Hälfte gesunken (5 bzw. 3), woraus sich ergeben würde, daß eine langsame Festlegung im Felde in dieser Periode stattgefunden hat. Bei den Parzellen 11b und 13b hat die zweite Gabe von 200 P_2O_5 die P-Zahl noch nicht über 0 hinausbringen können.

Den Kartoffeln ist die Phosphatgabe 1933 wieder merkbar zugute gekommen, wie sich aus einem Vergleich der Parzellen 11b und 12b mit 13a und 14a ergibt, welche alle 1300 kg $CaCO_3$ erhielten. Bei Objekt 13b ist der Ertrag etwas geringer; dieser Parzelle wurde eine doppelte Mergelgabe gegeben, wodurch das pH bis 6,15 stieg, was wohl sicher einen schädlichen Einfluß auf den Ertrag ausgeübt haben wird. Dieses Objekt war auch am stärksten von Schorf befallen.

Übersicht 37

Objektnummer	11 a	12 a	13 a	14 a	11 b	12 b	13 b	14 b
kg/ha P_2O_5 1932	200	600	200	600	200	600	200	600
1933	—	—	—	—	200	600	200	600
kg/ha $CaCO_3$ 1932	—	—	1300	1300	—	—	1300	1300
1933	—	—	—	—	1300	1300	1300	—
pH,								
19. Mai 1933 . . .	4,7	5,05	5,75	5,45	5,65	5,6	6,15	5,95
P-Zahl,								
20. April 1932 . .	0	2	0	1	0	2	0	1
27. September 1932	0	1	0	1	0	2	0	0
19. Mai 1933 . . .	0	0	0	1	0	11	0	7
6. September 1933	0	0	0	0	1/4	5	0	3
P-Zitr.,								
27. September 1932	17	39	17	40	12	42	12	28
19. Mai 1933 . . .	14	26	16	43	24	72	20	80
6. September 1933	20	26	17	36	24	72	22	64
Stand am								
19. Mai 1933 . . .	4	6	7	7	7	7	8	8
12. Juni 1933 . . .	3	7	4	7	5	7	4	7
1. Juli 1933 . . .	2	5	3	6 1/2	5	7	4	7
19. Juli 1933 . . .	4	6	5	8	7	8 1/2	4	7 1/2
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz.	2,9	7,1	5,6	9,1	7,4	10	4,8	10
Stärkemehl, % . . .	14,0	15,4	15,5	16,6	16,0	17,1	15,2	16,6
Schorf	0	1/2	1 1/2	2	1/2	1 1/2	3	2 1/2

9. Fortsetzung 1934.

Wie bei den Parzellen, welche das Phosphat in Form von primärem Kalziumphosphat erhielten, wurde 1934 den a-Parzellen wieder die gleiche Menge Phosphat verabreicht wie 1932, während die b-Parzellen auf Nachwirkung gelassen wurden.

Die Ergebnisse findet man in Übersicht 38 (S. 32)

Bei den b-Parzellen, welche 1934 auf Nachwirkung liegen, sind die pH-Werte seit September 1933 wieder gesunken. Die a-Parzellen gaben im Mai, ebenso wie es bei den mit primärem Phosphat gedüngten Parzellen der Fall war, zwar eine Saisonsenkung, aber im September 1934 sind die pH-Zahlen wieder von derselben Größenordnung wie 1933.

Bei dem Objekt 12b hat die P-Zahl, welche im Mai 1933 durch die Phosphatdüngung bis auf 11 gestiegen war, aber im September 1933 schon wieder bis auf 5 gesunken war, ihren Rückgang fortgesetzt und war im Mai und September 1934 auf 2 zurückgefallen. Es hat also noch eine langsame weitere Festlegung (oder Auswaschung) stattgefunden. Das andere 600-P_2O_5-Objekt (14b) ist auf ungefähr gleicher Höhe wie im Jahre 1933 stehen geblieben. Die neue Phosphatgabe hat

Übersicht 38

Objektnummer	11a	12a	13a	14a	11b	12b	13b	14b
P_2O_5 in kg/ha 1932 u. 1934	200	600	200	600	—	—	—	—
1932 u. 1933	—	—	—	—	200	600	200	600
$CaCO_3$ in kg/ha 1932	—	—	1300	1300	—	—	1300	1300
1933	—	—	—	—	1300	1300	1300	—
pH, 6. Sept. 1933 . .	4,7	4,95	5,4	5,4	5,6	5,55	6,3	5,7
24. Mai 1934 . .	4,55	5,0	5,0	5,1	5,1	5,05	5,6	5,4
10. Sept. 1934 . .	4,8	5,05	5,4	5,45	5,0	5,2	5,7	5,5
P-Zahl, 6. Sept. 1933 . .	0	0	0	0	1/4	5	0	3
24. Mai 1934 . .	0	1 1/2	0	2	0	2	0	2
10. Sept. 1934 . .	0	1	1	2	0	2	0	3 1/2
P-Zitr., 6. Sept. 1933 . .	20	26	17	36	24	72	22	64
24. Mai 1934 . .	32	62	26	60	22	54	23	64
10. Sept. 1934 . .	38	60	24	55	17	54	24	68
Stand am 24. Mai 1934 . .	2 1/2	4	4	5	4	4 1/2	4	4 1/2
25. Juni 1934 . .	6	7	6 1/2	7 1/2	5 1/2	7	4 1/2	7
30. Juli 1934 . .	6 1/2	7	6 1/2	7	4	6	5	7
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz.	6,0	7,5	7,6	7,5	3,9	5,3	3,2	6,5
Stärkemehl, %	15,4	16,6	15,1	15,9	14,8	14,6	13,4	14,3
P_2O_5, % in Knollen	0,40	0,51	0,43	0,52	0,34	0,44	0,37	0,41
P_2O_5, g/Parz. in Knollen .	4,8	8,4	6,6	8,6	2,7	5,0	2,5	5,4
Schorf	1/2	1 1/2	3	3	3	4	3 1/2	3 1/2

bei den a-Parzellen die P-Zahlen zwar erhöht, die Festlegung aber verlief hier schneller als 1933 auf den b-Parzellen. Eine momentane Erhöhung der P-Zahl im Frühjahr war hier nicht festzustellen. Die P-Zahlen sind im Mai und September auf gleicher Höhe, nämlich 1—2, geblieben.

Die P-Zitr.-Zahlen haben sich auf den b-Parzellen wenig verändert mit Ausnahme derjenigen bei Objekt 12b, wo ebenso wie bei der P-Zahl eine große Senkung der P-Zitr.-Zahl stattgefunden hat, so daß die Wahrscheinlichkeit einer teilweisen Auswaschung sich hier aufdrängt. Bei den a-Parzellen sind natürlich die P-Zitr.-Zahlen durch die neue Phosphatgabe stark gestiegen.

Der Ertrag ist, wie auf diesem Versuchsfeld stets, durch die frische Phosphatdüngung stark erhöht worden. Auch auf die Phosphatentziehung durch die Knollen hat die frische Phosphatdüngung sehr erhöhend gewirkt.

In Übersicht 39 finden sich die Standzahlen und Erträge für die Parzellen 13a und 14a, verglichen mit denen von 11b und 12b, welche die gleichen Mengen Kalk und Phosphat erhielten.

Die kräftige Wirkung der frischen Phosphatgabe ist aus diesen Zahlen gut sichtbar.

Die Nachwirkung der Kalkgabe ist bei den Parzellen, welche die kleinste Phosphatdüngung empfingen, wohl bemerkbar. Objekt 13a ergibt eine höhere Ernte und Phosphatentziehung als Objekt 11a (Über-

Übersicht 39

Gesamtmenge P_2O_5 kg/ha	400			1200		
	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag
Halbe Gabe 1932, halbe Gabe 1933	4¾	4	3,9	5¾	6	5,3
Halbe Gabe 1932, halbe Gabe 1934	5¼	6½	7,6	6¼	7	7,5

sicht 38). Erhöhung der Kalkgabe hat jedoch bei diesen mit phosphorsaurem Futterkalk gedüngten Parzellen nicht günstig gewirkt. Objekt 13b, das die doppelte Kalkmenge erhielt, bringt einen niedrigeren Ertrag als Objekt 11b.

Vergleich von primärem mit sekundärem Phosphat.

Aus einem Vergleich von Stand- und Ertragszahlen bei den mit primärem und sekundärem Phosphat (phosphorsaurem Futterkalk) gedüngten Parzellen ergibt sich, daß diese beiden Dungstoffe ungefähr dieselbe Wirkung auf den Ertrag hatten.

Übersicht 40

Gesamtmenge 1932 und 1934 in kg/ha	400			1200		
	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag
Primäres Kalziumphosphat . . .	4	7	5,1	4¾	9	7,8
Phosphorsaurer Futterkalk . . .	4¼	6½	6,0	5½	7	7,5
Primäres Kalziumphosphat + 1300 kg/ha $CaCO_3$	5	6	6,0	6½	7½	7,3
Phosphorsaurer Futterkalk + 1300 kg/ha $CaCO_3$	5¼	6½	7,6	6¼	7	7,5

In Übersicht 41 (S. 34) haben wir darum noch einmal für die Objekte, welche insgesamt 400 und 1200 kg/ha P_2O_5 erhielten, die mittleren Stand- und Ertragszahlen für Ernte 1934 der mit primärem und sekundärem Kalziumphosphat (phosphorsaurem Futterkalk) gedüngten Parzellen verglichen. Aus den Zahlen zeigt sich deutlich, wie auf diesem Versuchsfeld die frische Düngergabe viel kräftiger gewirkt hat als die, welche schon vor einem Jahre gegeben wurde.

10. Versuch Pr. 113. Parzellen mit Natriumphosphat.

In Versuch Pr. 113 wurden weiter noch einige Parzellen hinzugenommen, welche das Phosphat nicht in Form von Kalziumphosphat, sondern als Mononatriumphosphat NaH_2PO_4 erhielten. Als Natriumsalz wird dieses das pH stärker emporbringen als das Kalziumsalz; den

Übersicht 41

Ernte 1934	Gesamtmenge 400 kg/ha P_2O_5					Gesamtmenge 1200 kg/ha P_2O_5				
Phosphat gegeben	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag Knollen	% P_2O_5	P_2O_5-Entzug	Stand Mai-Juni	Stand Juli	Ertrag Knollen	% P_2O_5	P_2O_5-Entzug
zur Hälfte 1932, zur Hälfte 1933	3,9	4,3	3,6	0,34	2,4	5,2	6,5	6,1	0,46	5,6
zur Hälfte 1932, zur Hälfte 1934	4,8	6,5	6,2	0,39	5,1	5,8	7,8	7,5	0,63	10,2

Pflanzen wurde auch mit den anderen Dungstoffen kein Kalziumsalz zugeführt und dieses Element fehlte also in den zugesetzten Nährstoffen. Die Ergebnisse für 1932 findet man in Übersicht 42.

Übersicht 42

Objektnummer	15	17	18
P_2O_5 in kg/ha	keine	200	600
pH, vor Anfang	4,5	4,65	4,55
2. Dezember 1931	4,5	5,15	5,5
5. Januar 1932	4,5	5,2	5,65
20. April 1932	4,5	5 2	5,5
27. September 1932	4,7	4,95	5,0
P-Zahl, 2. Dezember 1931	0	0	5
5. Januar 1932	0	0	5½
20. April 1932	0	½	2
27. September 1932	0	½	1
P-Zitr., 20. April 1932	7	17	33
27. September 1932	6	13	33
P-Total, 20. April 1932	18	33	52
Stand am 8. Juni 1932	1	1	½
29. Juni 1932	1	1½	1
26. Juli 1932	1	1	1½
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz.	1	1,9	1,3
Stärkemehl, %	12,8	12,5	12,2
P_2O_5, % in Knollen	0,42	0,50	0,56
Na_2O, % in Knollen	—	0,04	0,07
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	0,8	1,8	1,6

Natriumphosphat hat also sehr ungünstig gewirkt; der Stand der Pflanzen und der Knollenertrag waren etwas besser als bei der Parzelle ohne Phosphat, er muß aber allgemein als sehr schlecht bezeichnet werden.

Es ist bemerkenswert, daß das pH bei der Düngung nach 600 kg/ha P_2O_5 im Dezember bzw. April bis zu 5,5 bzw. 5,6 steigt (bei dem Mono- und Dikalziumphosphat kam das pH nur bis zu 4,6—4,9 bzw. 5,0—5,2), aber im September schon wieder bis 5,0 gesunken ist. Etwas Ähnliches sahen wir auf einem anderen Versuchsfeld (Pr 83, Sodexversuchsfeld)[1]), wo das pH der mit Natriumkarbonat behandelten Parzellen

[1]) Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen Nr. 39 A, 195 (1933).

auch anfangs stieg, aber nachher wieder sank bis auf den Wert der gekalkten Parzellen.

Bei 600 kg P_2O_5 wurde sofort nach der Phosphatgabe und einen Monat nachher eine merkbar höhere P-Zahl als bei Kalziumphosphat gefunden, nämlich 5—5½; im April ist die P-Zahl auf 2 und im September auf 1 gesunken. Die Festlegung im Boden und während der Analyse (bzw. die Löslichkeitsverhältnisse des P_2O_5-Ions) haben also bei dem Natriumsalz einen anderen Verlauf, ohne daß zunächst ein Grund hierfür angegeben werden kann. Daneben muß man auch erwägen, daß dieser Boden vermutlich wenig Kalzium enthielt und die Löslichkeit des Phosphats bei der Analyse (Extraktion) dadurch beeinflußt sein könnte. Die P-Zitr. ist etwas niedriger als bei dem Kalziumphosphat; P-Total ist praktisch gleich.

11. Fortsetzung 1933.

Um die merkwürdige ungünstige Wirkung von Natriumphosphat näher zu studieren, wurde 1933 allen vier Parzellen wieder dieselbe Menge Natriumphosphat gegeben wie 1932, aber zu je einer von zwei gleichartigen Parzellen außerdem eine Kreidegabe ($CaCO_3$), ausreichend, um diese einmalige Portion in Monokalziumphosphat zu verwandeln. Die Kreide wurde am 11. November 1932 gegeben, das Phosphat am 9. März 1933. Die Ergebnisse findet man in Übersicht 43.

Übersicht 43

Objektnummer	15	17 a	18 a	17 b	18 b
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1933	keine	200	600	200	600
$CaCO_3$ in kg/ha 1933	—	—	—	150	450
pH, 27. September 1932 . .	4,7	5,0	5,0	4,9	5,0
19. Mai 1933	4,45	4,7	4,95	4,75	5,0
6. September 1933 . .	4,6	4,8	5,05	4,8	5,1
P-Zahl, 20. April 1932	0	1	2	0	2
27. September 1932 . .	0	0	1	1	1
19. Mai 1933	0	1	5	0	7
6. September 1933 . .	0	1	7	0	5
P-Zitr., 27. September 1932 . .	6	9	36	12	30
19. Mai 1933	7½	25	60	22	78
6. September 1933 . .	7½	28	73	24	64
Stand am 19. Mai 1933	4	4	2	6	6
12. Juni 1933	2	3	2	5	6
1. Juli 1933	1	3	2	4½	6
19. Juli 1933	2	6	5	5	7
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz. . .	1,3	3,1	0,7	4	6
Stärkemehl, %	18,9	13,6	9,2	12,5	13,5
P_2O_5, % in Knollen	0,32	0,36	0,78	0,39	0,83
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	0,9	2,4	1,1	3,2	10
Schorf	0	0	0	1½	0

Das Ergebnis ist im wesentlichen dasselbe wie bei den Parzellen mit primärem Kalziumphosphat und phosphorsaurem Futterkalk. Bei der höchsten P-Gabe wieder ein bedeutendes Steigen der P-Zahl, welche schließlich größer bleibt als die Steigerung, welche bei den betreffenden Parzellen mit Dikalziumphosphat gefunden wurde. Bei der kleinen P-Gabe bleibt die P-Zahl auch 1933 niedrig. Die Kalkgabe hat auf die P-Zahl keinen Einfluß gehabt. Die Erträge sind auf den Parzellen, welche keinen Kalk erhielten, wieder sehr niedrig. Die Kalziumkarbonatgabe hat den Ertrag ansehnlich gesteigert, wenn er auch noch nicht so gut ist wie bei übereinstimmender Düngung mit Kalziumphosphat. Man darf annehmen, daß der niedrige Ertrag hauptsächlich auf Kalziummangel zurückzuführen war und nicht an erster Stelle auf eine besondere Wirkung der Natriumverbindungen.

Diese Annahme wird verstärkt durch die Untersuchungsergebnisse, erhalten bei Kartoffellaubproben, welche am 24. Juli genommen wurden (siehe Übersicht 44).

Übersicht 44

Objektnummer	2b	4b	17a	18a	17b	18b
P_2O_5 in kg/ha 1932 und 1933	200	600	200	600	150	600
Form	Ca	Ca	Na	Na	Na	Na
$CaCO_3$ kg/ha in 1933	—	—	—	—	150	450
% P_2O_5 in Laub	0,33	0,50	0,37	0,81	0,34	0,63
% CaO „ „	1,02	1,41	0,91	0,62	1,11	1,47
% MgO „ „	0,91	1,01	1,37	1,21	1,22	0,96
% K_2O „ „	5,73	4,50	6,62	6,62	5,69	5,12
% Na_2O „ „	0,13	0,14	0,12	0,13	0,13	0,17

Man sieht aus diesen Zahlen, daß es keinen Unterschied im Natriumgehalt gibt zwischen den Objekten, welche mit und welche nicht mit Natriumphosphat gedüngt wurden. Weiter ergibt sich, daß die Objekte mit Natriumphosphat und ohne Kalk niedrigere Kalkgehalte haben als die übereinstimmenden mit Kalziumphosphat gedüngten Parzellen. Außerdem fällt der hohe Kaligehalt auf bei den Objekten mit Kalkmangel; die Phosphatgehalte, sowohl in den Knollen (siehe Übersicht 6 und 43) als im Laub, sind am höchsten bei den Objekten mit 600 kg/ha P_2O_5 in Form von Natriumphosphat.

12. Fortsetzung 1934.

1934 haben wir die Objekte 18a und 18b auf Nachwirkung gelassen. Die Objekte 17a und 17b erhielten wieder 200 kg/ha P_2O_5. Da es sich 1933 gezeigt hatte, daß der niedrige Ertrag bei den ungekalkten Parzellen auf Kalziummangel und nicht auf eine ungünstige Wirkung des Natriumphosphats zurückzuführen war, haben wir den Objekten 18a, 17b und 18b außerdem $CaSO_4$ gegeben, entsprechend bzw. 975, 650 und 850 kg/ha $CaCO_3$. In dieser Weise wurde den Pflanzen Kalzium verabreicht ohne das pH des Bodens zu erhöhen. Die Ergebnisse zeigt Übersicht 45.

Übersicht 45

Objektnummer	15	17a	18a	17b	18b
P_2O_5 in kg/ha, 1932 und 1933 . .	keine	200	600	200	600
P_2O_5 in kg/ha, 1934	keine	200	--	200	—
$CaCO_3$, in kg/ha, 1933	—	—	—	150	450
$CaCO_4$ gegeben 1934, entsprechend kg/ha $CaCO_3$ . .	—	—	975	650	850
pH, 6. September 1933	4,6	4,8	5,1	4,8	5,1
24. Mai 1934	4,2	4,3	4,2	4,4	4,4
10. September 1934	4 3	4,7	4,5	4,5	4,45
P-Zahl, 6. September 1933 . . .	0	1	7	0	5
24. Mai 1934	0	¼	½	0	1
10. September 1934 . . .	0	0	1	1	1
P-Zitr, 6. September 1933 . . .	7½	28	73	24	64
24. Mai 1934	7	37	64	37	63
10. September 1934 . . .	8	32	52	36	50
Stand am 24. Mai 1934	1	1	3½	3½	4
25. Juni 1934	2	2	6½	6½	7
30. Juli 1934	3	5½	7	6	9
Kartoffeln, Knollen, kg/Parz. . .	2	1,7	7	5,4	6,8
Stärkemehl, %	14,3	13,7	16,0	16,0	16,2
P_2O_5, % in Knollen	0,35	0,47	0,44	0,37	0,44
P_2O_5, g/Parz. in Knollen	1,4	1,6	6,6	4,2	6,7
Schorf	1	1½	½	1	1½

Bei allen Parzellen sind die pH-Werte bis auf ungefähr 4½ gesunken. Von einem Einfluß des Kalziumsulfats auf das pH ist nichts zu bemerken.

Das Phosphat der Parzellen, welche auf Nachwirkung liegen, ist stark festgelegt, vielleicht auch ausgewaschen. Die P-Zahlen sanken von 7 bzw. 5 im September 1933 bis auf 1 im September 1934. Auch die P-Zitr.-Zahlen sind gesunken, und zwar von 73 bzw. 64 auf 52 bzw. 50.

Das $CaSO_4$, das die pH-Werte nicht beeinflußt hat, wirkte sehr günstig auf den Ertrag. Während 1933 das ungekalkte Objekt 18a und das gekalkte Objekt 18b Erträge von 0,7 bzw. 6 kg pro Parzelle ergaben, waren diese Zahlen 1934 7 bzw. 6,8. Auch die P_2O_5-Gehalte 1934 waren die gleichen.

Aus den in Übersicht 46 (S. 38) erwähnten Ergebnissen sieht man, daß das Natriumphosphat bei den auf Nachwirkung gelassenen Parzellen wenigstens so gut gewirkt hat als das primäre Kalziumphosphat und der phosphorsaure Futterkalk.

Auch aus den Objekten 17a und 17b, welche 1934 wieder Phosphat erhielten, ist die günstige Wirkung der Kalziumgabe bemerkbar. Bei Objekt 17a hat die neue Phosphatdüngung keinen Mehrertrag gegeben, während der Ertrag bei Objekt 17b sich bis auf 5,4 kg/Parzelle erhöhte.

Übersicht 46

Objektnummer	4b	9b	12b	14b	18a	18b
600 kg/ha P_2O_5, 1932 und 1933 in Form von	prim. Ca	prim. Ca	sec. Ca	sec. Ca	Na	Na
kg/ha CaO_3	—	2600	1300	1300	—	450
$CaSO_4$ entsprechend kg/ha $CaCO_3$	—	—	—	—	975	850
Kartoffeln 1934, Knollen, kg/Parz.	6,4	6,0	5,3	6,5	7,0	6,8
P_2O_5, g/Parz in Knollen	6,9	4,9	5,0	5,4	6,6	6,7

13. Pr. 122. Phosphatversuchsfeld II, Hooghalen.

Die Resultate, erhalten bei dem soeben beschriebenen Versuchsfeld Pr 113, veranlaßten uns zu einer ausgedehnteren Untersuchung 1933 auf einem gerade nebenan gelegenen Versuchsfeld Pr 122. Es wurden dort vier steigende Phosphatgaben, auf der einen Hälfte in Form von primärem Kalziumphosphat, auf der anderen Hälfte als Thomasschlackenmehl, verglichen bei vier pH-Stufen. Der Plan des Versuchsfeldes war derselbe wie bei Pr 113: Parzellen von 2 mal 2 m in einfacher Wiederholung, jede mit 16 Kartoffelpflanzen (1933 Eigenheimer A-Setzlinge).

Anfang November 1932 wurde der Boden bis zu einer Tiefe von 25 cm umgegraben, wobei die vorhandenen Silbergraspollen untergebracht wurden. Bodenproben wurden dann genommen am 11. November 1932. Diese ergaben die in Übersicht 47 mitgeteilten Zahlen.

Übersicht 47

Parzelle	2	53	70	31	57	25	Im Durchschnitt	Durchschnittswert der vollständigen Reihe von allen Parzellen
Volumgewicht .	1,63	1,54	1,60	1,64	1,63	1,58	1,60	1,55
Humus	2,4	3,6	3,5	2,3	2,5	2,7	2,8	2,6
Humus, Ton/ha und 10 cm . .	39	55	55	37	40	43	45	40
pH	4,75	4,6	4,75	4,7	4,75	4,7	4,7	—
P-Zahl	0	0	0	0	0	0	0	—
P-Zitr.	3,5	3	4	3,5	3,5	3,5	3,5	—

Am 14. und 15. November 1932 wurde die Kalkgabe verabreicht, und zwar: 0, 650, 1300 respektive 2000 kg $CaCO_3$ als Kreidepulver (92,7 % $CaCO_3$) je ha; durch Harken und Bearbeiten mit der Gabel wurde die Kreide mit 10 cm Ackerkrume vermischt.

Die Parzellen erhielten am 3. Mai 1933 Ammonsalpeter entsprechend 150 kg/ha Stickstoff und am 7. April, vor dem Auslegen der Kartoffeln, 300 kg/ha K_2O in Form von Kaliumsulfat und 128 kg/ha MgO als Magnesiumsulfat. Die Phosphatdüngung war schon am 9. März 1933 verabreicht und durch Harken und Gabeln mit 10 cm Ackerkrume vermischt.

14. Nullparzellen.

Das Versuchsfeld bestand aus vier Vierteln, jedes mit sechzehn Parzellen (vier Phosphatmengen, vier Kalkstufen); diese wurden über Kreuz mit primärem Kalziumphosphat respektive Thomasmehl gedüngt. Zwischen den beiden Hälften blieb ein Streifen von acht Parzellen (insgesamt also 72 Parzellen), wovon zwei kein Phosphat und keinen Kalk erhielten (wohl Stickstoff- und Kalidünger), während die sechs anderen Parzellen als orientierender Versuch über die Wirkung stellenweiser Verabreichung von Phosphat dienten, worüber wir in einer folgenden Mitteilung berichten werden.

Die beiden Nullparzellen gaben natürlich Kümmerpflanzen. Im Durchschnitt wurden dort die in Übersicht 48 erwähnten Zahlen gefunden.

Übersicht 48

Datum 1933	9. März	7. April	6. September
pH	4,55	4,6	4,7
P-Zahl	0	0	0
P-Zitr.	3½	2+	4

Der Stand der Pflanzen wurde bei den drei ersten Beurteilungen (siehe Übersicht 52 und 65) mit 1, bei der vierten im Durchschnitt mit 1¼ angegeben. Der Ertrag war 0,4 kg pro Parzelle Knollen (also sehr niedrig) mit 12,3 % Stärkemehl, 0,33 % P_2O_5 in den Knollen bei einem Entzug durch die Knollen von 0,3 g/Parzelle P_2O_5.

Die Stand- und Ertragszahlen zeigen lediglich das Mißwachstum an. Die Zahlen der Bodenuntersuchung dienen als Vergleichsbasis für die mit Phosphat und Kalk gedüngten Parzellen.

15. Parzellen mit primärem Kalziumphosphat.

Durch die Bekalkung und das primäre Kalziumphosphat (53,6 % P_2O_5 und 18,1 % CaO) hatte sich das pH (unbehandelte Parzellen: pH 4,6) wie in Übersicht 49 angegeben, geändert.

Übersicht 49

Probenahme	7. April 1933					6. September 1933				
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	Im Durchschnitt	100	300	600	900	Im Durchschnitt
kein $CaCO_3$	4,8	5,1	4,9	4,9	4,9	4,8	4,9	5,0	4,8	4,9
650 $CaCO_3$	5,2	5,5	5,1	5,4	5,3	5,1	5,3	5,2	5,3	5,2
1300 $CaCO_3$	6,1	5,5	5,9	6,1	5,9	5,6	5,6	5,5	5,9	5,7
2000 $CaCO_3$	6,6	6,8	6,4	6,5	6,6	6,1	6,0	6,2	6,3	6,15
Summe	22,7	22,9	22,3	22,9	22,7	21,6	21,8	21,9	22,3	21,95

Das pH ist durch die Bekalkung also regelmäßig gestiegen, nämlich mit 0,5 je 650 kg $CaCO_3$. Auf dem benachbarten Versuchsfeld

Pr. 113 hatten 1300 kg $CaCO_3$ eine pH-Steigerung von 4,7 bis auf 5,7 bewirkt, also einen übereinstimmenden Effekt.

Es hat keinen Sinn, bei so stark auseinandergehenden pH-Werten eine mittlere Zahl für die vertikalen Spalten in Übersicht 49 aufzustellen; die addierten Zahlen der untersten horizontalen Reihe sind insofern von Bedeutung, als sie zeigen, daß steigende Mengen von primärem Kalziumphosphat kein wahrnehmbares Steigen oder Sinken in pH verursacht haben. Aus der Probenahme am 6. September 1933 würde vielleicht eine geringe Zunahme der pH bei steigender Menge primären Kalziumphosphats zum Vorschein kommen.

Die Bodenproben vom 7. April 1933 gaben alle eine P-Zahl = 0, ausgenommen die Parzellen mit 900 Phosphat, welche die Zahlen 1—2 ergaben, so daß die Dosis von 900 kg/ha P_2O_5 die P-Zahl ein wenig über 0 hinausbringt. Die P-Zitr.-Zahl dieser Bodenproben zeigt Übersicht 50.

Übersicht 50

kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	Summe
kein $CaCO_3$	9	16	31	43	99
650 $CaCO_3$	8	16	33	43	100
1300 $CaCO_3$	7	13	36	52	108
2000 $CaCO_3$	8	20	32	46	106
Im Durchschnitt	8	16	33	46	

Die Zunahme in der P-Zitr.-Zahl bei steigenden Mengen P_2O_5 ist also sehr regelmäßig; die durchschnittlichen Zahlen sind den verabreichten Mengen fast proportional, welche sich in Einheiten P-Zahl auf 6½, 19½, 39 respektive 58 beziffern. Die letzte Spalte zeigt im Durchschnitt eine geringe Neigung zum Steigen der P-Zitr.-Zahl mit zunehmender Kalkung, eine Erscheinung, die auch auf anderen Versuchsfeldern mehrmals gefunden wurde (siehe Phosphorsäure *5*, 42, Kapitel 3).

Bei den am 6. September 1933 genommenen Bodenproben waren die P-Zahlen für die Objekte 100 und 300 P_2O_5 alle gleich 0, für Objekt 600 P_2O_5 = 1 und für 900 P_2O_5 = 2, also ein etwas deutlicherer Anfang einer Steigerung bei den größeren Phosphatgaben. Die P-Zitr.-Zahlen gaben das in Übersicht 51 vorgeführte Bild, das nicht sehr regelmäßig ist.

Übersicht 51

kg ha P_2O_5	100	300	600	900	Summe
kein $CaCO_3$	7	15	51	60	133
650 $CaCO_3$	6	17	49	64	136
1300 $CaCO_3$	6	17	25	58	106
2000 $CaCO_3$	7	20	37	70	134
Im Durchschnitt	6½	17	41	63	

Der Stand der Pflanzen wurde während der Wachstumsperiode viermal zahlenmäßig festgelegt, teilweise durch verschiedene Personen; die Zahlen findet man in Übersicht 52.

Übersicht 52

	19. Mai				12. Juni				1. Juli				19. Juli			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	3½	5	6½	8	2½	4½	6	6½	2½	4½	5½	6	4	5½	6½	6½
650 $CaCO_3$	6	7	7½	7½	4	6	6½	6½	4	4½	6	7	5½	6	7½	7½
1300 $CaCO_3$	7	7½	7	7½	4	5	5½	5	3½	4½	5	5	5	6½	7	6½
2000 $CaCO_3$	7	7	8	9	3½	5½	5½	6	3½	4½	4½	5	4½	6½	6½	7

Am 6. September 1933 wurden die Kartoffeln ausgegraben. Die Ertragszahlen findet man in Übersicht 53 und 54.

Übersicht 53

	Knollen, kg/Parz.				% Stärkemehl				Stärkemehl, kg/Parz.			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$ . .	2,4	5,1	7,9	9,8	13,6	13,8	15,0	17,3	0,33	0,71	1,18	1,70
650 $CaCO_3$ . .	6,2	8,4	9,4	10,7	16,2	16,5	17,3	17,4	1,00	1,39	1,66	1,86
1300 $CaCO_3$ . .	5,3	8,9	10,2	9,3	16,7	16,9	17,3	17,4	0,88	1,50	1,78	1,62
2000 $CaCO_3$.	5,0	8,2	9,8	10,9	16,2	16,3	17,1	17,6	0,81	1,33	1,68	1,92

Übersicht 54

	% P_2O_5				P_2O_5, g/Parz.			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	0,36	0,36	0,47	0,53	1,8	4,1	8,4	12,8
650 $CaCO_3$	0,30	0,38	0,48	0,55	4,1	7,1	11,0	13,7
1300 $CaCO_3$	0,30	0,39	0,46	0,55	3,5	7,6	10,8	11,5
2000 $CaCO_3$	0,32	0,40	0,49	0,57	3,4	7,2	10,9	14,7

Wenn man den Ertrag und die Standzahlen übersieht, so zeigt es sich, daß die Pflanzen auf diesem Boden auf Phosphatdüngung reagieren und dankbar sind für die erste Kalkgabe von 650 kg, während durch größere Kalkgaben kein deutlicherer Effekt erreicht wird. 900 kg P_2O_5 zeigt noch eine deutliche Ertragszunahme gegenüber 600 kg P_2O_5, indem auch die Menge an P_2O_5 in den Knollen dadurch stark zunimmt. Die Standzahlen weisen in geringerem Maße in dieselbe Richtung. Die Standzahlen sind, wie man dies bei einem solchen einfachen Versuchsplan erwarten konnte, etwas unregelmäßig. Das Objekt 900 P_2O_5 und 2000 $CaCO_3$ hat einen Ertrag 10,9 als Durchschnittswert von 10,3 und 11,6; Objekt 100 P_2O_5 mit 1300 $CaCO_3$ 5,3 als Durchschnittswert von 4,4 und 6,3. Wenn man darauf Rücksicht nimmt, darf man sagen, daß unter Mitberücksichtigung der Standzahlen die günstigste Kalkgabe 650—1300 $CaCO_3$ gewesen ist.

Die Standzahlen in Übersicht 52, die sich auf den oberirdischen Teil der Stauden beziehen, geben natürlich keine direkten Anhaltspunkte für den Ertrag an Knollen. Bei diesem Versuchsfeld, wo die Ertragsunterschiede zwischen den Objekten groß sind, verlaufen die Standzahlen jedoch in hohem Grade den Ertragszahlen parallel. Zählt man die vier Standzahlen, gegeben zu verschiedenen Zeitpunkten, für jede Parzelle zusammen, so bekommt man die Zahlen in Übersicht 55, welche mit den Ertragszahlen den in Abb. 2 mit Ca_1 angegebenen Zusammenhang zeigen.

Übersicht 55

kg/ha P_2O_5		100	300	600	900
kein	$CaCO_3$	$12^1/_2$	$19^1/_2$	$24^1/_2$	27
650	„	$19^1/_2$	$23^1/_2$	$27^1/_2$	$28^1/_2$
1300	„	$21^1/_2$	$23^1/_2$	$24^1/_2$	24
2000	„	$18^1/_2$	$23^1/_2$	$24^1/_2$	27

Es tritt dabei ein so deutlicher Zusammenhang hervor, daß man eine Mittellinie ziehen kann (Kurve Ca_1 in Abb. 2). Korrigiert man nun die Ertragszahlen nach dieser Kurve Ca_1, und bringt diese korri-

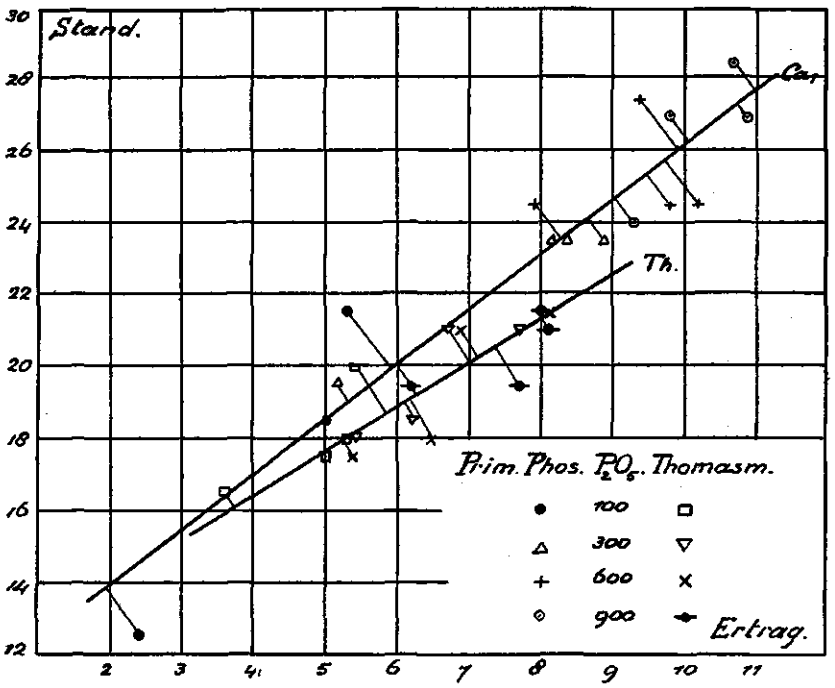

Abb. 2.
Standzahlen (aus Übersicht 55 bzw. 67) und Ertragszahlen (aus Übersicht 53 bzw. 66) für Versuchsfeld Pr 122 im Jahre 1933. Regelmäßiger Zusammenhang. Mittellinien Ca_1 und Th.

gierten Zahlen in Zusammenhang mit der Kalkgabe, so erhält man Abb. 3 (S. 44), woraus der Einfluß von Phosphorsäuregabe und Kalkgabe übersichtlich hervortritt. Nur ein Punkt (900 P_2O_5 bei 1300 $CaCO_3$) hat eine sehr abweichende Lage; im übrigen geben die Ertragszahlen, trotzdem die Parzellen sehr klein und nur mit einfacher Wiederholung angelegt waren, ein gut zusammenhängendes Bild, dem man wirkliche Bedeutung zuschreiben darf. Die ertragserhöhende Wirkung der Phosphatdüngung wird deutlich klargelegt, wobei 900 kg/ha P_2O_5 merklich besser gewirkt haben als 600 kg.

Zu gleicher Zeit zeigt es sich, daß die stärkere Kalkgabe nicht günstig oder sogar ungünstig gewirkt hat, und zwar ungünstiger je nachdem weniger Phosphat gegeben war; die Pflanzen, welche die größeren Phosphatgaben erhalten hatten, verhielten sich (wenn wir Punkt 900 bis 1300 außer Betracht lassen) gegenüber größeren Kalkgaben indifferent.

Das in Abb. 3 gegebene Bild für den kombinierten Einfluß von Phosphat und Kalk kann man sich sterisch denken, wobei eine Verschiebung des Maximums nach rechts und zu gleicher Zeit eine Verflachung in der Wölbung auftritt, je nachdem Phosphat und Kalk reichlicher vorhanden sind. Die Schlußfolgerungen aus dieser Abbildung werden in der Übersicht der Resultate diskutiert.

16. Fortsetzung 1934.

1934 haben wir den Versuch in der Weise fortgesetzt, daß den Parzellen dieselbe Menge Phosphat gegeben wurde wie 1933 und zwar am 9. März. Kalk wurde in diesem Versuchsjahr jedoch nicht verabreicht. Am 8. Mai wurde gedüngt mit 300 kg/ha K_2O in Form von Kaliumsulfat, 128 kg/ha MgO als Magnesiumsulfat und 150 kg/ha N als Ammoniumnitrat.

Gepflanzt wurden wieder Eigenheimer Kartoffeln am 18. April. Die Parzellen gaben die in Übersicht 56 erwähnten pH-Zahlen.

Übersicht 56

	pH am 24. Mai					pH am 10. September					Schorfzahl			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	Im Durchschnitt	100	300	600	900	Im Durchschnitt	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	4,65	4,75	4,9	4,65	4,7	4,7	4,8	5,0	4,85	4,8	0	1/4	1/4	1/4
650 $CaCO_3$	4,75	4,95	4,95	5,0	4,9	4,65	5,0	5,1	5,15	5,0	1/2	1/4	1/2	1/2
1300 $CaCO_3$	5,25	5,4	5,45	5,35	5,4	5,35	5,35	5,6	5,8	5,5	3/4	1 1/4	1 1/2	2
2000 $CaCO_3$	5,75	5,65	5,85	5,85	5,8	5,7	5,75	5,85	5,9	5,8	1 3/4	1 3/4	2 1/2	2 1/4
Summe . .	20,4	20,8	21,2	20,9		20,4	20,9	21,6	21,7					

Die pH-Werte, welche 1933 regelmäßig mit den gegebenen Kalkmengen gestiegen waren, sind jetzt ein wenig gesunken. Während im September 1933 die Durchschnittswerte für die $CaCO_3$-Objekte respektive 4,9, 5,2, 5,7 und 6,15 waren, sind diese Zahlen im September 1934 respektive bis auf 4,8, 5,0, 5,5 und 5,8 gesunken. Da die 0-Parzellen

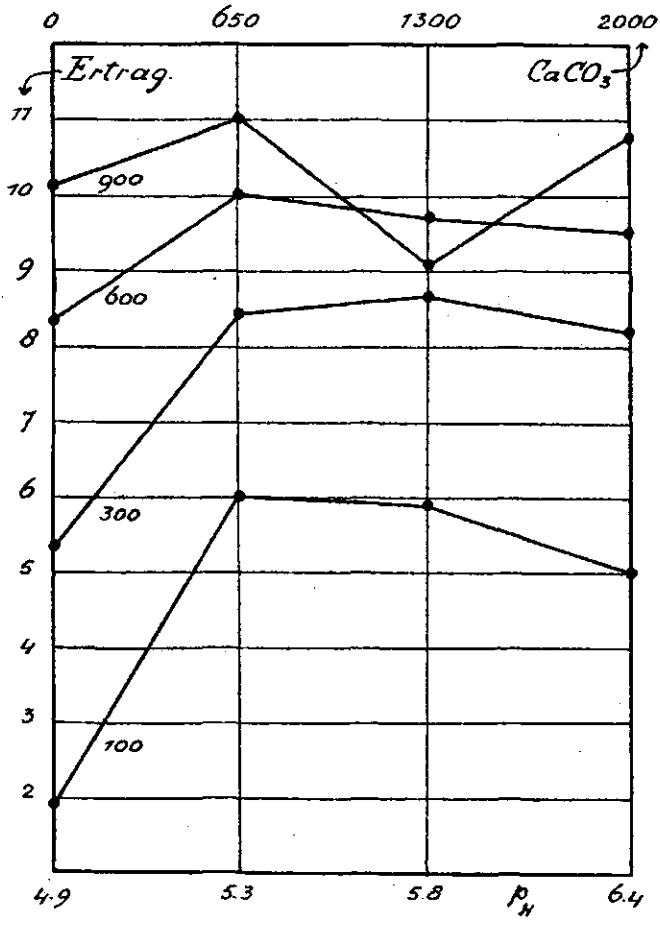

Abb. 3.
Ertrag bei verschiedenen Phosphatgaben (in Form von primärem Kalziumphosphat) und verschiedener Bekalkung auf Pr 122, 1933. (Zahlen korrigiert nach Abb. 2.)

von 4,7 bis auf 4,5 sanken, ist dies wahrscheinlich eine Saisonschwankung.

Die Schorfzahlen haben wir neben die pH-Werte gestellt. Sie steigen ziemlich regelmäßig mit den pH-Zahlen, bzw. den gegebenen Kalkmengen.

In Übersicht 57 findet man die P-Zahlen, welche, wie man sieht, durch die zweite Phosphatgabe merkbar erhöht sind. In 1933 waren diese Zahlen für das höchste Phosphatobjekt 1—2, bei den anderen Parzellen alle = 0. Die Zahlen schwanken noch, was bei diesem noch ungenügend gemischten Boden zu erwarten war. Jedenfalls hat die Düngung von 2×900 kg/ha P_2O_5 das festlegende Vermögen des Bodens vorläufig stark vermindert.

Übersicht 57

Probenahme	24. Mai				10. September			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$ . . .	0	0	1½	5	0	0	2	6
650 $CaCO_3$	0	0	1½	5	0	½	2½	5½
1300 $CaCO_3$	0	0	2	6	0	½	4	10
2000 $CaCO_3$	0	½	2	5½	0	1	2½	7

Die P-Zitr.-Zahlen zeigt Übersicht 58.

Übersicht 58

Probenahme	24. Mai					10. September				
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	Summe	100	300	600	900	Summe
kein $CaCO_3$ . . .	13	36	73	99	221	12	31	67	102	212
650 $CaCO_3$ . . .	16	37	72	88	213	14	37	66	97	214
1300 $CaCO_3$ . . .	15	40	71	102	228	13	32	70	106	221
2000 $CaCO_3$ . . .	15	45	64	101	225	13	45	66	103	227
Im Durchschnitt .	15	40	70	98		13	36	67	102	

Auch die P-Zitr.-Zahlen sind stark gestiegen. Waren im Mai 1933 die durchschnittlichen Zahlen bei steigenden Phosphatgaben respektive 8, 16, 33 und 46, so sind diese Zahlen im Mai 1934 respektive 15, 40, 70 und 98. Für September 1933 und 1934 ergaben sich die Werte 6¼, 17, 41 und 63, respektive 13, 36, 67 und 102. Die Zahlen sind also ungefähr verdoppelt. In Einheiten P-Zahl ist in diesen zwei Jahren im ganzen gegeben 13, 39, 77 und 116. Die Steigerung in P-Zitr.-Zahl ist also den verabreichten Mengen ziemlich proportional.

Übersicht 58 zeigt weiter, daß mit zunehmender Kalkung die P-Zitr.-Zahlen keine regelmäßige Veränderung zeigen (im Durchschnitt eine geringe Steigerung, welche aber nur von den Parzellen mit 300 P_2O_5 verursacht wird und der das in Übersicht 51 gegebene Resultat nicht entspricht).

Der Stand der Pflanzen, der dreimal während der Wachstumsperiode bestimmt wurde — wobei die 0-Parzellen die Standzahlen 1, 3 und 2¾ erhielten — gab für die P-Objekte die in Übersicht 59 erwähnten Zahlen.

Übersicht 59

	24. Mai				25. Juni				30. Juli			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$ . . .	1½	2	3¼	4	4	6	7½	8	3½	6	8	8¼
650 $CaCO_3$ . . .	2¾	2¾	3	3½	5½	6¾	7	7	3¼	6	7½	7¼
1300 $CaCO_3$ . . .	3½	4	3½	3½	5¼	6½	6¾	6¾	3½	6	7¼	7¼
2000 $CaCO_3$ . . .	3¼	4	3¾	3¾	5	6¾	6¾	7	3½	6	6½	7½

Am 10. September wurden die Kartoffeln ausgegraben. Die Übersichten 60 und 61 geben die Ertragszahlen wieder.

Übersicht 60

	Knollen, kg/Parz.				% Stärkemehl				Stärkemehl, kg/Parz.			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$ . . .	2,4	5,3	7,0	6,9	14,6	15,4	16,2	16,5	0,35	0,82	1,13	1,14
650 $CaCO_3$ . . .	3,6	5,8	7,1	6,5	15,9	16,5	16,2	16,0	0,57	0,96	1,14	1,04
1300 $CaCO_3$ . . .	4,2	5,8	6,2	6,0	16,0	16,3	16,0	15,4	0,67	0,95	0,99	0,92
2000 $CaCO_3$ . . .	3,9	5,7	6,3	6,1	15,7	16,2	16,3	15,9	0,61	0,93	1,03	0,97

Übersicht 61

	% P_2O_5				P_2O_5 g/Parz.			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	0,39	0,45	0,58	0,65	1,9	5,3	9,2	11,2
650 $CaCO_3$	0,36	0,43	0,57	0,72	3,0	5,6	10,3	10,5
1300 $CaCO_3$	0,31	0,41	0,53	0,63	2,9	5,2	7,4	8,6
2000 $CaCO_3$	0,32	0,39	0,51	0,65	3,0	5,1	7,1	8,7

Die Erträge sind bedeutend niedriger als 1933. Die Pflanzen hatten im Anfang stark, noch mehr als auf dem Versuchsfeld Pr 113, unter Nachtfrost zu leiden. Wahrscheinlich hat dieser und die große Trockenheit auf diesem humusarmen Sandboden die Ertragserniedrigung

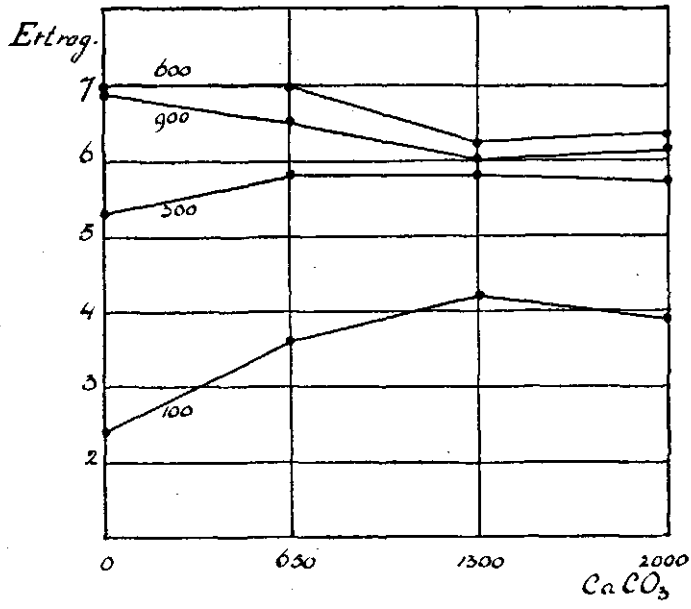

Abb. 4.
Ertrag von Pr 122 im Jahre 1934 bei verschiedenen Gaben von primärem Kalziumphosphat, in den Jahren 1933 und 1934, und bei verschiedenen Kalkgaben 1933.

verursacht. Wie 1933 hat die Kalkgabe von 650 kg/ha $CaCO_3$ am günstigsten gewirkt. Der höchste Ertrag wurde bei allen Kalkgaben erreicht bei einer Phosphatdüngung von 600 kg/ha P_2O_5 (s. Abb. 4). Nach den Standbeurteilungen würden 0-$CaCO_3$ und 900-P_2O_5 noch eine etwas bessere Wirkung ergeben haben. Hierbei hat man natürlich zu beachten, daß die Standzahlen sich nur auf den oberirdischen Teil der Pflanzen beziehen, was auf diesem Felde, das so stark unter Nachtfrost zu leiden hatte, die Beurteilung weniger zuverlässig gemacht haben wird.

Bei einer P-Zitr.-Zahl 37 und Phosphatdüngung von 300 kg/ha P_2O_5, hat, wie man aus Übersicht 60 ersieht, eine weitere Gabe noch ertragerhöhend gewirkt. Während 1933 (Übersicht 54) die höchsten Kalkgaben den Phosphatentzug nicht vermindert und teilweise selbst erhöht hatten, hat die Kalkgabe 1934 für die höchsten Phosphatobjekte den Phosphatentzug durch die Pflanzen ungünstig beeinflußt. Wie sich aus Übersicht 61 ergibt, ist der Phosphatentzug bei 600 und 900 kg/ha P_2O_5, bei einer Kalkgabe von respektive 1300 und 2000 kg/ha $CaCO_3$, bedeutend niedriger als bei einer Kalkgabe von 0 und 650 $CaCO_3$.

17. Parzellen mit Thomasschlackenmehl.

Die zwei anderen Viertel des Versuchsfeldes, welche das Phosphat in Form von Thomasmehl (17,5% P_2O_5 in Mineralsäure löslich, wonach die Phosphatgabe berechnet wurde; 16,1 % P_2O_5 in 2 % Zitronensäure löslich; 46,9 % $CaCO_3$) erhalten hatten, gaben die in Übersicht 62 erwähnten pH-Werte.

Übersicht 62

Probenahme	7. April 1933					6. September 1933				
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	Summe	100	300	600	900	Summe
kein $CaCO_3$ . .	4,7	5,3	6,0	6,0	22,0	4,8	5,4	6,1	6,3	22,6
650 $CaCO_3$ . .	5,0	5,4	5,9	6,5	22,8	5,3	5,7	6,2	6,5	23,7
1300 $CaCO_3$ . .	5,4	5,7	6,1	6,4	23,6	5,9	6,3	6,5	6,6	25,3
2000 $CaCO_3$ . .	6,1	6,3	6,5	6,7	25,6	6,1	6,3	6,5	6,6	25,5
Summe	21,2	22,7	24,5	25,6		22,1	23,7	25,3	26,0	

Es zeigt sich, das es in diesem Fall nicht möglich wäre, Mittel sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung zu ziehen; die Spalten mit den Gesamtzahlen zeigen, daß sowohl durch die Kalkgabe als durch die verabreichte Thomasmehldüngung (welch letztere dem CaO-Gehalt nach mit ungefähr 480, 1440, 2890 und 4330 kg $CaCO_3$ je Hektar übereinstimmt) das pH regelmäßig gestiegen ist, wobei die steigende Dosis Thomasmehl bzw. Kreide ungefähr äquivalent war, also 5180 kg Thomasmehl enthaltend 900 kg P_2O_5 und 2400 kg CaO äquivalent mit 2160 kg Kreide = 2000 kg $CaCO_3$ enthaltend 1100 kg CaO. Wenn man annimmt, daß im Thomasmehl 700 kg CaO an Phosphorsäure gebunden sind als Dikalziumphosphat und 1700 kg CaO als freier Kalk anwesend sind, so haben diese das pH ungefähr in gleicher

Weise erhöht als 1100 kg CaO in Form von Mergel; also ungefähr im Verhältnis 3 : 2.

Die P-Zahlen dieser Gruppe von Parzellen waren alle = 0, mit Ausnahme der Parzellen mit 900 kg/ha P_2O_5, welche bei der Probenahme am 7. April in der Reihenfolge der Bekalkung 1, 2, 1, 0 und am 6. September 1933 respektive 2, 2-, 1, 1 ergaben. Auch hier also bei einer Dosis von 900 kg/ha P_2O_5 (5180 kg Thomasmehl je Hektar) ein geringes Steigen der P-Zahl. Die P-Zitr.-Zahlen findet man in Übersicht 63.

Übersicht 63

Probenahme	7. April 1933					6. September 1933				
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	Summe	100	300	600	900	Summe
kein $CaCO_3$ . . .	6	20	41	57	124	8	20	50	62	140
650 $CaCO_3$ . . .	6	16	24	69	115	7	20	36	64	127
1300 $CaCO_3$ . . .	7	23	26	56	112	7	22	38	60	127
2000 $CaCO_3$ . . .	7	20	32	57	115	8	17	34	62	121
Im Durchschnitt .	6½	20	31	60		7½	20	40	62	

Auch hier also ein ziemlich regelmäßiges Steigen, welches sich eng anschließt an die verabreichte Menge Phosphat (siehe auch Seite 40, Übersicht 50 und 51).

Wenn man die durchschnittlichen P-Zitr.-Zahlen vor und nach der Ernte bei den mit primärem Phosphat und Thomasmehl gedüngten Parzellen vergleicht, so erhält man:

Übersicht 64

kg/ha P_2O_5	100	300	600	900
P-Zitr.-Zahl bei primärem Phosphat	7¼	16½	37	54½
P-Zitr.-Zahl bei Thomasmehl	7	20	35½	61
Gegebene Einheiten P-Zahl	6½	19½	39	58

so daß die P-Zitr.-Zahlen nach Anwendung von beiden Dungstoffen auf diesem Boden praktisch gleich ausfallen. Da der Boden ohne Phosphat auf diesem Versuchsfeld eine P-Zitr.-Zahl 3½ hat (siehe Übersicht 48) und durch die Ernte bei den höheren Phosphatgaben ungefähr 2 Einheiten dem Boden entzogen wurden, fallen Phosphatentzug und Gehalt des ungedüngten Bodens gegenüber einander weg. 900 kg/ha P_2O_5 entsprechen bei einer Tiefe von 10 cm und einem Volumgewicht von 1.55 58 Einheiten in P-Zahl, was also stimmt mit dem von den P-Zitr.-Zahlen angegebenen Vorrat. Die Zahl 58 ist natürlich mit einer ziemlich großen Ungenauigkeit behaftet; bei einem etwas niedrigeren Volumgewicht, etwa 1,5 (welche Zahl für Pr 113 gefunden wurde), würde dies 60 sein, während die Tiefe der Ackerkrume von 10 cm natürlich nur eine angenäherte Zahl ist. Es zeigt sich dennoch, daß die P-Zitr.-Zahlen auf diesem Boden annähernd das vorhandene Phosphat angeben, vollständiger als bei Versuchsfeld Pr 113 (Übersicht 10, 15, 26 und 30).

Ob dies nur dem zuzuschreiben ist, daß die Probenahme hier kürzer nach der Düngung stattfand und die Auswaschung bzw. weitere Festlegung noch eine geringere Rolle spielten, wird weiter zu untersuchen sein.

In Übersicht 65 erwähnen wir die Standzahlen der Kartoffeln.

Übersicht 65

	19. Mai				12. Juni				1. Juli				19. Juli			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$.	7	7	7	7½	4	4½	4½	4	3½	3½	3½	3½	5½	6	6½	6½
650 $CaCO_3$.	5½	6	6	6½	4	4	3½	3½	3½	3	3	3½	5	5½	5½	6
1300 $CaCO_3$.	7	6½	7½	7	3	4	4	4	3	4	3½	4	4½	6½	6	6
2000 $CaCO_3$.	7	7	6	7	3	3½	3½	3½	3	3	3	3½	3½	4½	5	5½

Übersicht 66

kg/ha P_2O_5	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	20	21	21½	21½
650 $CaCO_3$	18	18½	18	19½
1300 $CaCO_3$	17½	21	21	21
2000 $CaCO_3$	16½	18	17½	19½

Zählt man die vier zu verschiedenen Zeitpunkten gegebenen Standzahlen zusammen, so erhält man die in Übersicht 66 erwähnten Zahlen, welche in Abb. 2 den Knollenerträgen gegenüberggestellt sind.

Die Ertragszahlen, welche bei der Ernte am 6. September erhalten wurden, findet man in Übersicht 67.

Übersicht 67

	Knollen, kg/Parz.				% Stärkemehl				Stärkemehl, kg/Parz.			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	5,4	6,7	8,1	8,0	15,9	16,6	17,5	17,9	0,86	1,11	1,41	1,42
650 $CaCO_3$	5,3	6,2	6,5	7,7	15,7	16,7	17,1	17,4	0,83	1,03	1,12	1,33
1300 $CaCO_3$	5,0	7,7	6,9	8,1	16,4	16,7	17,3	17,6	0,81	1,29	1,19	1,43
2000 $CaCO_3$	3,6	5,4	5,4	6,2	15,8	16,5	16,7	17,4	0,56	0,89	0,90	1,08

Auf diesen Parzellen hat die Kalkgabe also meistens ungünstig gewirkt. Im Gegensatz zu den Parzellen, welche primäres Phosphat erhielten, verursachte Vergrößerung der P_2O_5-Gabe hier keinen regelmäßigen Mehrertrag. Die Standzahlen sind hiermit in Einklang. Eine Steigerung der P-Zitr.-Zahl von 40 bis auf 62 (siehe Übersicht 63) gab hier keinen Mehrertrag.

Die nach der Mittellinie (Th in Abb. 2) korrigierten Ertragszahlen aus Übersicht 67 geben, im Zusammenhang mit den Kalkgaben, die Kurven in Abb. 5 (S. 50).

18. Fortsetzung 1934.

Die beiden Viertel, welche 1933 mit Thomasschlackenmehl gedüngt

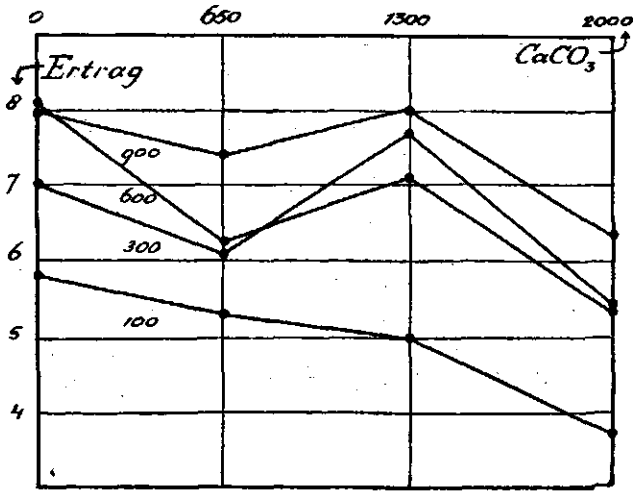

Abb. 5.
Ertrag bei verschiedenen Phosphatgaben (in Form von Thomasschlackenmehl) und verschiedenen Kalkgaben auf Pr 122 im Jahre 1933. Das pH bei den gleichen Kalkgaben steigt bei steigender Menge Phosphat.

wurden, erhielten, weil die pH-Werte schon ziemlich hoch waren, 1934 phosphorsauren Futterkalk. Die darauf erhaltenen pH-Werte findet man in Übersicht 68.

Übersicht 68

	pH am 24. Mai					pH am 10. September					Schorfzahl			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	Summe	100	300	600	900	Summe	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	4,75	5,35	6,15	6,1	22,4	4,75	5,4	6,15	6,45	22,8	½	1	2½	2
650 $CaCO_3$	5,1	5,5	6,1	6,35	23,1	5,1	5,55	6,2	6,55	23,4	¼	1½	2¼	2½
1300 $CaCO_3$	5,5	5,85	6,35	6,5	24,2	5,6	5,8	6,35	6,5	24,3	1¾	1¾	2½	2½
2000 $CaCO_3$	5,85	6,1	6,0	6,55	24,5	5,85	6,3	6,3	6,65	25,1	2¼	2	2½	2¾
Summe . .	21,2	22,8	24,6	25,5		21,3	23,1	25,0	26,2					

Im Mai sind auch bei diesen Parzellen die pH-Werte etwas niedriger als es im September der Fall war. Die Gesamtzahlen zeigen, daß sowohl durch die Bekalkung als durch den CaO-Gehalt des Thomasmehls, das pH regelmäßig gestiegen ist. Eine Steigerung durch die Düngung mit phosphorsaurem Futterkalk ist nicht festzustellen. Im September 1933 waren die Gesamtzahlen der P_2O_5-Objekte bzw. 22,1, 23,7, 25,3 und 26,0 und im September 1934 bzw. 21,3, 23,5, 25,0 und 26,2. Hierbei hat man zu beachten, daß der pH-Wert der 0-Parzellen gesunken war von 4,7 bis auf 4,5.

Die Schorfzahlen sind, ebenso wie die pH-Werte, höher als bei den mit primärem Kalziumphosphat gedüngten Parzellen. Sie steigen, wie es auch bei diesen Parzellen der Fall war, ziemlich regelmäßig mit den pH-Zahlen bzw. den gegebenen Kalk- und Phosphatmengen.

Die P-Zahlen sind, wie sich aus Übersicht 69 ergibt, durch die größeren Phosphatgaben stark erhöht.

Übersicht 69

Probenahme	24. Mai				10. September			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	0	½	3½	6	0	½	5	10
650 $CaCO_3$	0	0	3½	7	0	½	4½	9
1300 $CaCO_3$	0	1	3½	7	½	1	3½	6
2000 $CaCO_3$	0	0	2½	5½	0	1	3	8

Im September 1933 waren diese alle = 0, mit Ausnahme der Parzellen mit 900 kg/ha P_2O_5, welche mit steigenden $CaCO_3$-Mengen die P-Zahlen 2, 2, 1 und 1 ergaben. Die zweite Phosphatgagbe hat also das festlegende Vermögen stark vermindert.

In Übersicht 70 findet man die P-Zitr.-Zahlen.

Übersicht 70

Probenahme	24. Mai					10. September				
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	Summe	100	300	600	900	Summe
kein $CaCO_3$ . . .	19	39	68	105	231	16	36	77	109	238
650 $CaCO_3$ . . .	18	32	66	106	222	16	30	71	108	225
1300 $CaCO_3$ . . .	20	40	68	106	234	16	33	71	94	214
1200 $CaCO_3$ . . .	18	36	63	113	230	16	35	73	127	241
Im Durchschnitt .	19	37	66	107		16	34	73	110	

Wie sich aus den hier erwähnten Zahlen ergibt, sind auch die P-Zitr.-Zahlen stark erhöht und fast verdoppelt. Im September 1933 waren z. B. die Gesamtzahlen für die 4 Kalkobjekte bzw. 140, 127, 127 und 121. Im September 1934 waren diese Zahlen gestiegen auf 238, 225, 214 und 241.

In Übersicht 71 haben wir für die 4 Phosphatobjekte die durchschnittlichen P-Zitr.-Zahlen im Mai und September bei den mit primärem Kalziumphosphat und phosphorsaurem Futterkalk gedüngten Parzellen verglichen.

Übersicht 71

Gesamtmenge P_2O_5 in kg/ha 1933 und 1934	200	600	1200	1800
P-Zitr.Zahl bei primärem Phosphat	14	38	68½	100
P-Zitr.Zahl bei phosphorsaurem Futterkalk . .	17½	35½	69½	108½
Gegebene Einheiten P-Zahl	13	39	77	116

Wie man sieht, fallen auch nach der zweiten Düngung die P-Zitr.-Zahlen nach Anwendung von beiden Dungstoffen auf diesem Boden praktisch gleich aus. Der Boden ohne Phosphat hatte auf diesem Versuchsfeld 1932 eine P-Zitr.-Zahl 3½ und 1934 im Durchschnitt 7; durch zwei Ernten werden bei den höheren Phosphatgaben dem Boden

ungefähr 4 Einheiten entzogen sein. Man kann also den Phosphatentzug und den ursprünglichen Gehalt des Bodens gegeneinander wegfallen lassen. Für die zwei höchsten Phosphatobjekte zeigt P-Zitr. dann 10 bis 12 Einheiten weniger an als der berechnete Vorrat, was ziemlich gut stimmt, wenn man auf die Möglichkeit einer gewissen Auswaschung Rücksicht nimmt. Außerdem ist die Zahl 116 natürlich mit einem ziemlich großen Versuchsfehler behaftet, wie schon bei Übersicht 64 auseinandergesetzt wurde. Jedenfalls geben die P-Zitr.-Zahlen auf diesem Boden auch nach der zweiten Ernte annähernd das vorhandene Phosphat an.

Übersicht 72 gibt die Standzahlen der Kartoffeln.

Übersicht 72

	24. Mai				25. Juni				30. Juli			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	2¾	3¾	3¾	3	6	6½	6¼	6¼	4¼	6¼	6¾	7¾
650 $CaCO_3$	2½	3	3½	3¼	6	6½	6½	6½	4	5¾	7¼	6¾
1300 $CaCO_3$	3½	3¾	3½	3½	6¼	6¾	6½	6½	4	5¾	5¾	6¼
2000 $CaCO_3$	3½	3¾	4	4	5¾	6¼	6½	6½	3¾	5¼	5¾	6

Die Ertragszahlen findet man in den Übersichten 73 und 74.

Übersicht 73

	Knollen, kg/Parz.				% Stärkemehl				Stärkemehl, kg/Parz.			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$ . .	4,4	6,3	6,4	6,9	15,5	16,1	16,5	17,2	0,68	1,02	1,06	1,18
650 $CaCO_3$ . .	5,1	5,7	5,2	5,3	16,0	16,0	16,2	16,1	0,82	0,92	0,84	0,85
1300 $CaCO_3$ . .	4,9	6,0	5,1	5,2	15,8	16,3	15,9	16,9	0,77	0,98	0,81	0,88
2000 $CaCO_3$ . .	4,1	5,1	4,9	4,8	15,3	16,2	16,3	15,4	0,83	0,82	0,80	0,74

Übersicht 74

	% P_2O_5				P_2O_5, g/Parz.			
kg/ha P_2O_5	100	300	600	900	100	300	600	900
kein $CaCO_3$	0,34	0,42	0,46	0,45	3,1	6,6	6,9	7,6
650 $CaCO_3$	0,32	0,38	0,40	0,41	4,0	4,8	4,9	5,1
1300 $CaCO_3$	0,32	0,38	0,40	0,40	3,4	5,2	4,4	5,2
2000 $CaCO_3$	0,36	0,36	0,40	0,44	3,3	3,9	4,6	5,2

Auch bei diesen Parzellen sind die Erträge ziemlich viel niedriger als 1933, obschon die Unterschiede nicht so groß sind als bei den mit primärem Kalziumphosphat gedüngten Parzellen. Im Gegensatz zu den Parzellen, welche primäres Phosphat erhielten, wurde hier der höchste Ertrag erreicht bei einer Phosphatgabe von 900 kg/ha P_2O_5 und ohne $CaCO_3$ (siehe Abb. 6). Der Kalk hat also, wie 1933, nicht günstig gewirkt. Auch die Standzahlen, welche unter einigem Vorbehalt zu beurteilen sind (wie schon bei den Parzellen mit primärem Phosphat bemerkt wurde), deuten — speziell diejenige vom 30. Juli — darauf hin, daß 900 kg/ha P_2O_5 ohne Kalkgabe am günstigsten gewirkt haben.

Auf diesem Felde würde also eine weitere Phosphatgabe über eine Düngung von 600 kg/ha P_2O_5 hinaus und einer P-Zitr.-Zahl von ungefähr 70 noch einen Mehrertrag gegeben haben.

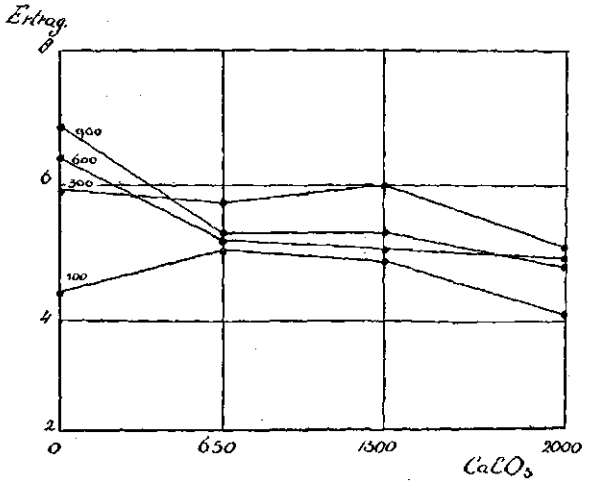

Abb. 6.
Ertragszahlen für Pr 122, 1934 (Kalkgaben einmalig 1933; als Phosphat 1933 Thomasschlackenmehl, 1934 Dikalziumphosphat).

Der Phosphatgehalt der Trockensubstanz ist in viel geringerem Maße von der Größe der Phosphatgabe abhängig als es bei den mit primärem Phosphat gedüngten Parzellen der Fall war. Unterschied durch die Kalkung ist kaum vorhanden. Im Durchschnitt sind bei den höheren Phosphatobjekten Gehalt und Phosphatentzug bedeutend geringer als bei denen, welche primäres Phosphat erhielten.

Übersicht der Resultate.

In einer vorigen Abhandlung[1]) wurde der Phosphathaushalt beschrieben auf einem neu urbar gemachten „moorkolonialen Boden" (nach Abgraben des Torfes aus einer Mischung der alten Krume des Hochmoores und Sand künstlich hergestellt, wie dies in den Moorkolonien üblich ist). Die Phosphatfestlegung ist auf diesem Boden gering; die wasserlösliche Phosphorsäure läuft der zitronensäurelöslichen parallel und beide laufen dem im Boden gebildeten Phosphatvorrat ziemlich parallel und geben die Phosphatbeschaffenheit des Bodens befriedigend an. Auf einem solchen Bodentyp ist der Phosphathaushalt von Boden und Pflanze relativ übersichtlich; nur muß man damit rechnen, daß hier — im Gegensatz zu den meisten anderen Bodentypen — durch Dränage Phosphatverluste stattfinden, die 15—30 kg/ha P_2O_5 pro Jahr betragen können.

Diametral entgegengesetzt liegen die Verhältnisse auf dem in dieser Mitteilung beschriebenen neu urbar gemachten Heideboden mit

[1]) Phosphorsäure *5*, 38 (1935).

starker Phosphatfestlegung, wo bei einem pH von etwa 4,5 die in Wasser lösliche Phosphorsäure anfangs gleich Null ist und bei den in der Praxis üblichen Phosphatgaben jahrelang Null bleiben kann. Der Boden zeigte sich sehr phosphatarm; auf ungekalktem Felde (pH etwa 4,5) gaben 600 kg/ha P_2O_5, also etwa 3600 kg/ha Superphosphat jährlich, den höchsten Ernteertrag, der allerdings nur 20 bis 28 dz Knollen erreichte mit etwa 0,5—0,8 % P_2O_5 in der Trockensubstanz. Bei der gekalkten Hälfte (pH etwa 5,6) war der Ernteertrag ungefähr der gleiche. Von Eigenheimer Kartoffeln ist bekannt, daß diese bei pH 4,5—5,5 wenig pH-empfindlich sind (flache Ertragskurve).[1])

Bei diesem Bodentyp ist zu rechnen mit der Komplikation, daß während der Analyse (24-stündiges Behandeln der Bodenprobe mit Wasser bei 50° C) Phosphatfestlegung stattfinden kann. Lufttrockener Boden, mit lufttrockenem Phosphat gemischt und ohne weiteres in der beschriebenen Weise analysiert, gab eine P-Zahl 2; Boden, welcher dem Versuchsfeld einige Stunden nach der Düngung entnommen wurde, gab eine P-Zahl 1, zehn Monate später 2. Eine niedrige P-Zahl *kann* also bei einem solchen Boden während der Analyse entstehen; dies wird auch gelten, wenn an bestimmten Stellen (z. B. die obere Schicht, wo Phosphatdünger eingemischt wurde oder Phosphatnester) durch lokalen Überschuß der Phosphathunger gestillt und eine gewisse Wasserlöslichkeit des Phosphats erreicht war: die Analyse einer gemischten Bodenprobe wird dann eine niedrige P-Zahl zeigen können. Erst abnorm hohe Phosphatgaben wie 1200—1800 kg/ha P_2O_5 im ganzen, entsprechend ungefähr 10 t Superphosphat, bringen die P-Zahl (wasserlöslich) auf etwa 3, so daß sie über die Beobachtungsfehler empor kommt; und auch dann sinkt diese Zahl allmählich im Laufe des Jahres. Dies wird teilweise verursacht dadurch, daß Phosphat aus der 10 cm dicken Krume einige Zentimenter tiefer in den Boden wandert; daß dies der Fall ist, wird durch die Analysenzahlen von diesen Schichten (Übersicht 12, 13, 16 und 17, 27 und 28, 31 und 32) deutlich angezeigt.

Nimmt man die vier Fälle, bei denen die Wanderung des Phosphats etwas näher untersucht wurde (Übersichten 10, 12, 15 und 16, 26 und 27 und 30 und 31) zusammen, so lassen sich folgende Mittelzahlen aufstellen:

Gesamt P_2O_5 kg/ha verabreicht 1932 und 1933 bzw. 1932 und 1934	200	400	800	1200	1800
Aus Übersicht 10 berechnete Zunahme an P-Vorrat gegenüber ungedüngt, in P-Zahl Einheiten	12½	25	50	75	115
Durchschnittliche Zunahme der Schicht 0—25 cm, in P-Total	12	19	39½	66	112½
Dasselbe in P-Zitr.	12½	26½	25	55	95
P-Total gibt % des berechneten Vorrats			79	88	98
P-Zitr. gibt % des berechneten Vorrats			50	73	83

[1]) Siehe u. A. Landbwk. Tijdschr. *46*, 701 (1934).

Diese Zahlen gelten, bei P-Zitr., für die gewöhnliche, einmalige Extraktion; bei wiederholter Extraktion wäre mehr gefunden, wie Übersicht 11 für einen Fall zeigt. Auch die Mittelzahlen aus vier Fällen weisen, wie man sieht, ziemliche Unregelmäßigkeiten auf; sie zeigen aber, daß einmalige Extraktion mit Zitronensäure auf diesem Boden nicht den ganzen zugesetzten P_2O_5-Vorrat angibt.

Nach einer rohen Schätzung beträgt der hinuntergewanderte Teil an Phosphat bei höheren Phosphatgaben in Übersicht 12 ein Drittel, in Übersicht 27 ein Viertel; an der Hand von Abbildung 8 würde dies das Sinken der P-Zahl im Verlauf eines Jahres größtenteils erklären können. Die wirklich nach Ablauf einiger Zeit gefundene P-Zahl ist niedriger als die aus Abbildung 8 berechnete (3,2 gegen 5,4, 1,8 gegen 3,3), aber einen sicheren Schluß, daß eine langsame weitere Festlegung stattgefunden hat, kann man daraus wegen der Unsicherheit solcher schätzungsweisen Berechnungen nicht ableiten. Aus anderen Gründen ist eine nachträgliche weitere Festlegung aber wahrscheinlich, und zwar, weil die Pflanzen auf den Nachwirkungsparzellen bei derselben P-Zahl einen deutlich niedrigeren Ertrag ergeben.

Auf reichlich gedüngten Parzellen, die auf Nachwirkung liegen, wiederholt sich die maximale Ernte, welche im ersten Jahre gleich nach der Düngung erreicht wurde, im zweiten Jahr auf Nachwirkung nicht und der Ertrag sinkt bis auf die Hälfte, also bis zur Mißernte. Die 600 oder 900 kg/ha P_2O_5 ergaben im Jahr der Anwendung (als die Analyse z. B., siehe Übersicht 5, eine P-Zahl von etwa 2,5 zeigte und eine P-Zitr. 44 bzw. 54) eine gute Ernte mit 0,5—0,6 % P_2O_5 in den Knollen, aber ein Jahr später auf Nachwirkung (P-Zahl etwa 1½, P-Zitr. 32 bzw. 51, Übersicht 5) eine Mißernte mit nur 0,35 % P_2O_5 in den Knollen. In anderen ähnlichen Fällen zeigte sich auch ein deutlicher, oft starker Unterschied (z. B. Übersicht 25 und 29, wo der Phosphatentzug durch die Pflanzen auf die Hälfte sank). Das Phosphat ist im obigen Beispiel im Laufe eines Jahres den Pflanzen viel weniger zugänglich geworden; dies zeigt sich aber in der Bodenanalyse kaum, was seine Erklärung darin finden könnte, daß während der Analyse ein Gleichgewicht gebildet wird, das im ersten Jahr im Boden noch nicht vorhanden war bzw. von dem der wirkliche Zustand im Boden im ersten Jahr stärker abwich als im zweiten Jahr.

Man sieht hieraus, wie sehr die Festlegungserscheinungen die Untersuchung erschweren. Es werden ganz andere Untersuchungsmethoden eingesetzt werden müssen, will man in einem solchen stark festlegenden Boden die Phosphatbeschaffenheit mittels chemischer Analyse angeben können.

Besonders wichtig erscheint die bei den Zahlen deutlich hervortretende Bedeutung von frisch zugesetztem Phosphatdünger, auch wenn im Boden sich schon ein beträchtlicher Vorrat angehäuft hat. Zusammenfassende Mittelzahlen hierfür finden sich in Übersicht 41.

Interessant sind in dieser Beziehung auch die Verhältnisse, wenn durch hohe Phosphatgaben die P-Zahl sich bedeutend gehoben hat: das Sinken im Laufe der Zeit ist dann deutlich zu sehen, z. B. aus folgenden Mittelwerten:

	600 kg/ha P_2O_5 Parzelle 4b, 9b, 12b, 14b		900 kg/ha P_2O_5 Parzelle 5b und 10b	
	P-Zahl	P-Zitr.	P-Zahl	P-Zitr.
Mai 1933	$6^1/_2$	0	$13^1/_2$	116
September 1933	4	$678^1/_2$	6	92
Mai 1934	$1^1/_2$	$55^1/_2$	$2^1/_2$	85
September 1934	$2^1/_2$	53	$3^1/_2$	79

Allerdings wird ein Absteigen von Phosphat in die Schicht unterhalb der Krume auch hier in erster Linie vorhanden sein; daneben wird eine langsame Festlegung im Boden angenommen werden müssen.

Wir weisen noch darauf hin, daß die Tatsache, daß im Verlauf eines Jahres ein nicht unbeträchtlicher Teil des Phosphats in die Schicht 10—15 cm, in den unberührten Untergrund, wandert, sich besser erklären läßt, wenn man dabei an unverändertes Phosphat (sei es löslich in Wasser, oder als solches wandernd) denkt als vom Boden festgelegtes Phosphat. Dies würde wieder eine Andeutung sein in der Richtung, daß die in der P-Zahl gefundene „Festlegung" (oder Löslichkeitseinschränkung?) wenigstens zum Teil erst während der Analyse (Extraktion unter Umschütteln) entsteht.

Auf einem Boden mit so starker Phosphatfestlegung gelten die üblichen Beurteilungszahlen natürlich nicht. So gibt eine P-Zitr.-Zahl von etwa 25 nicht die Grenze für eine genügende Phosphatversorgung an; die starke Festlegung kann bei viel höheren P-Zitr.-Zahlen bewirken, daß die Pflanze auf zugesetztes Phosphat deutlich reagiert. Z. B. zeigen deutliche Wirkung von zugesetztem Phosphat:

Parzelle 3b bei P-Zitr. 42—44 (Übersicht 6)
„ 3a „ „ 49—36 (Übersicht 14)
„ 8a „ „ 48—41 (Übersicht 29)
Versuch Pr 122 bei P-Zitr. 37 (Übersicht 58 und 60)

Versuchsweise wurde auf Pr 113 auch Natriumphosphat gegeben. Obgleich das pH durch das Natriumsalz in das gewünschte Gebiet stieg, gab Natriumphosphat eine unzweideutige Mißernte. Die chemische Zusammensetzung des Kartoffellaubes wies nicht auf Natriumschaden, sondern auf Kalkmangel als Ursache; durch Zugabe von $CaCO_3$, und auch durch $CaSO_4$, konnte der schädliche Einfluß beseitigt werden, so daß anzunehmen ist, daß hier in der Tat zunächst Kalziummangel vorlag (Übersicht 42—46).

Auf dem zweiten Versuchsfelde (Pr. 122), wo primäres Kalziumphosphat und Thomasschlackenmehl bei verschiedenen pH verglichen wurden, gaben diese beiden, das letztere berechnet nach in Mineralsäure löslicher P_2O_5, praktisch dieselben P-Zitr.-Zahlen für den gedüngten Boden, welche in diesem Falle den gegebenen Vorrat innerhalb der Versuchsfehler angaben. Bei dem benachbarten Pr 113 gaben die P-Zitr.-Zahlen den berechneten P_2O_5-Vorrat nur zum Teil an, wobei aber Hinunterspülen des Phosphats in eine tiefere Schicht und Probenahme aus verschieden langen Perioden nach der Düngung eine Rolle gespielt haben können, wie an anderen Stellen auseinandergesetzt wurde.

Die Versuche bestätigten die bekannte Tatsache, daß primäres Kalziumphosphat das pH des Bodens unverändert läßt, wenn man, um Saisonschwankungen auszuschalten, mit den Parzellen ohne Phosphat vergleicht. Auch sekundäres Kalziumphosphat ließ in diesen Versuchen, wie schon bekannt, das pH nahezu unverändert; in größeren Gaben wirkte es etwas pH-erhöhend. Das Thomasschlackenmehl in Pr 122 erhöhte das pH dieses Heidebodens äquivalent zwei Drittel der berechneten Mengen an freiem CaO, im Vergleich mit Kreide (Übersicht 62).

Beim Vergleich von Erntezahlen muß man natürlich die Witterungsverhältnisse mit in Betracht ziehen. Der trockene Sommer von 1934 hat die Erträge merklich beeinträchtigt. Nimmt man aus 1932, 1933 und 1934 die vier besten Objekte von Pr 113 und die acht besten vom etwa zweimal so großen Versuchsfeld Pr 122, so erhält man die folgenden Ertragszahlen (kg Knollen pro Parzelle):

	Pr 113	Pr 122
1932	12,18	—
1933	10,04	10,47
1934	7,71	7,04

Wenn man die verschiedenen Jahre vergleicht, muß man diesem Einfluß der Trockenheit 1934 natürlich Rechnung tragen.

Der kombinierte Einfluß von Phosphatdüngung und Kalkdüngung auf den Ertrag zeigt sich für Pr 122 übersichtlich aus Abb. 3 und 4 (Seite 44 bzw. 46). 1933 haben 900 kg/ha primäres Kalziumphosphat (mit Ausnahme von einem abweichenden Punkt) einen deutlichen Mehrertrag ergeben gegenüber 600 kg und weniger; dieser Mehrertrag ist größer (bzw. die Ertragsabnahme durch weniger Phosphat ist größer), je nachdem die Kalkgabe (der Kalkzustand des Bodens) weniger günstig war.

Abbildung 4 (Seite 46) zeigt die übereinkommenden Daten für 1934. Das Bild ist das gleiche, aber weniger ausgeprägt; die zweiten Gaben von 900 bzw. 600 kg Monokalziumphosphat geben jetzt wenig Unterschied im Ertrag.

Wenn Thomasschlackenmehl als Phosphatdünger benutzt wird, ändert sich das Bild. Man bekommt dann die in Abbildung 5 (S. 50) angegebenen Kurven. Der pH-steigernde Einfluß des Schlackenmehls hat hier eine ungünstige Wirkung der höheren Kalkgaben auf die Kartoffeln verursacht.

Im zweiten Jahre (1934) wurde auf diesen Parzellen, um dem pH-steigernden Einfluß des Schlackenmehls zu entgehen, Dikalziumphosphat gegeben. Die diesbezüglichen Kurven findet man in Abbildung 6 (S. 53), woraus wieder eine ungünstige Wirkung der Kalkgabe und eine Abflachung des Effektes der höheren Phosphatgaben abzuleiten ist.

Übersichtlicher lassen sich die Erträge bei verschiedenen Phosphatgaben (im ganzen) und verschiedenen Kalkgaben in einer dreidimensionalen Figur vereinigen, wie dies in Abbildung 7 für die Ergebnisse

1934 von Pr 122 getan ist. Die starke Wölbung in der Ecke mit wenig Phosphat und ungekalkt tritt deutlich hervor.

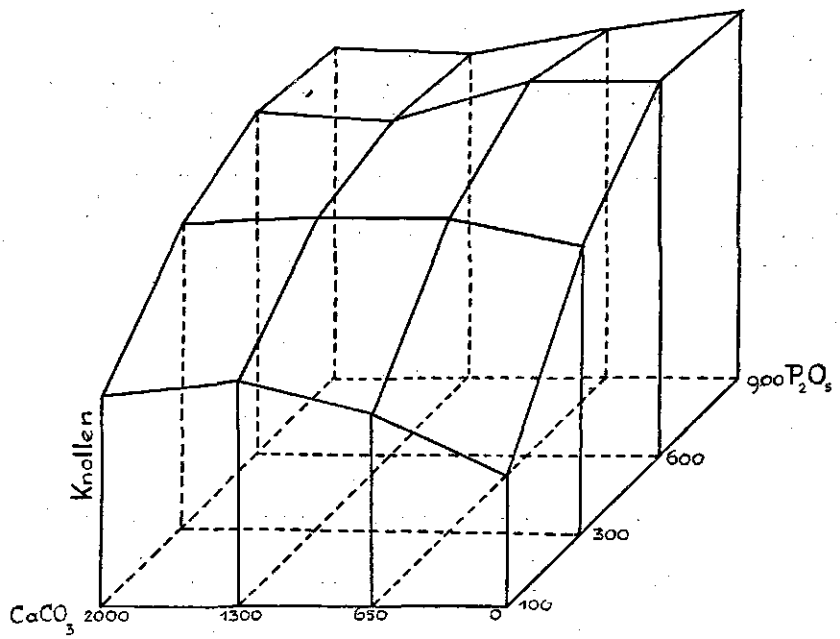

Abb. 7.
Pr 122, 1934; Einfluß von Kalkgabe und Monokalziumphosphat auf den Ertrag.

Den Einfluß der Gesamt-Phosphatgabe auf die P-Zahl haben wir zusammengefaßt in Abbildung 8. Bei den kleineren Phosphatgaben von 200—400 kg/ha P_2O_5 steigt die P-Zahl kaum und erhebt sich noch nicht über 1; bei hohen Gaben steigt sie ziemlich regelmäßig. Es hat bedeutenden Einfluß, wie lange Zeit zwischen Düngung und Probeentnahme verläuft: Kurve V (Probenahme im Herbst, nach Vorjahrsdüngung) liegt höher, Kurve IV (die Hälfte des Phosphats liegt schon 16, die andere Hälfte 31 Monate im Boden) liegt niedriger als die anderen, usw.

Für P-Zitr. sind die Zahlen in übereinstimmender Weise in Abb. 9 (S. 60) vereinigt. Die Kurven liegen viel enger zusammen; Nachwirkung im Boden hat auf die P-Zitr.-Zahl viel weniger Einfluß. Die Kurven I und V, die fast ausschließlich bzw. ganz dem Versuchsfeld 122 entstammen, liegen etwas höher als II, III und IV, welche sich auf Pr 113 beziehen. Es zeigt sich hier der Unterschied zwischen den beiden Versuchsfeldern, den wir schon oben erwähnten, im Zusammenhang zwischen auf einmal zugesetztem Phosphat und P-Zitr., indem die Kurven III und IV bei den höchsten Phosphatgaben niedriger liegen als Kurve I.

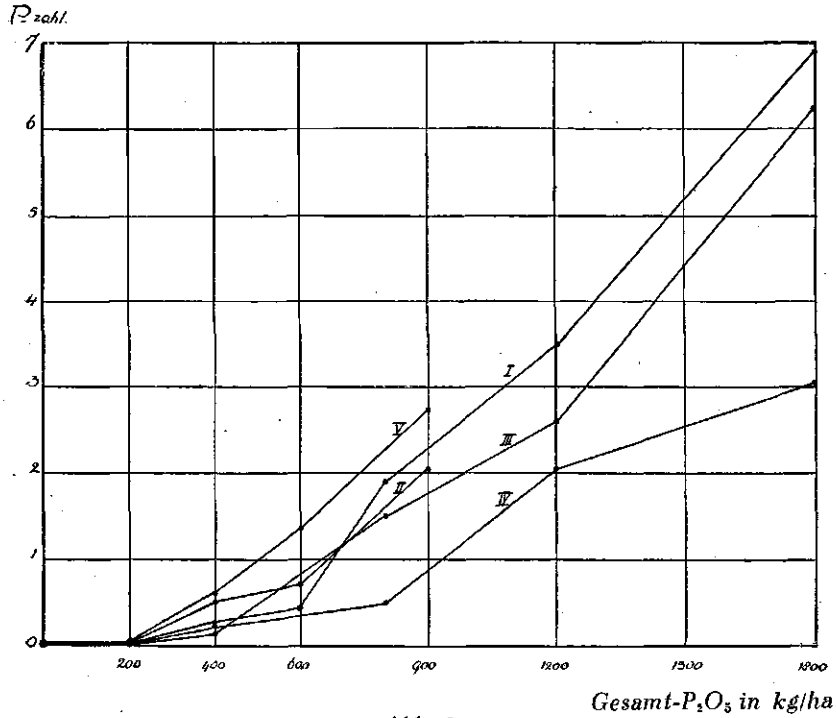

Abb. 8.

P-Zahl bei verschiedenen Phosphatgaben, getrennt nach der Zeit zwischen Phosphatdüngung und Probeentnahme (Mittelzahlen aus allen Versuchen):

V Probeentnahme etwa 7 Monate nach der Düngung
II „ „ 20 „ „ „ „
I Probeentnahme etwa 4 Monate nach der letzten und 17 Monate nach der vorletzten Düngung
III Dasselbe nach 4 bzw. 31 Monaten
IV „ „ 16 „ 31 „

Ein Vergleich zwischen der Entnahme der Bodenprobe im Herbst (also nach der Ernte, und etwa ein halbes Jahr nach der letzten Düngung) und der Frühlingsprobenahme (etwa 1—1½ Monate nach der Düngung) gibt, wie Abbildung 10 (S. 61) zeigt, für die P-Zahl fast regelmäßig etwas höhere Werte (mit Ausnahme von Kurve III für Pr 113 bei hohen Phosphatgaben, wo auch P-Zitr. vielleicht durch Auswaschung niedriger gefunden wird). An welche Ursachen dabei zu denken ist (Saisonschwankung im pH, Mikrobenwirkung usw.), muß zunächst dahingestellt bleiben; die Tatsache ist da und beweist abermals, wie verwickelt die Verhältnisse sind, da man bei langsamem Wegspülen von Phosphat und bei langsamer Festlegung eine niedrigere P-Zahl erwartet hätte. Für P-Zitr. ist der Unterschied zwischen Herbst- und Frühlingsprobenahme (hier nicht abgebildet) gering und nicht regelmäßig.

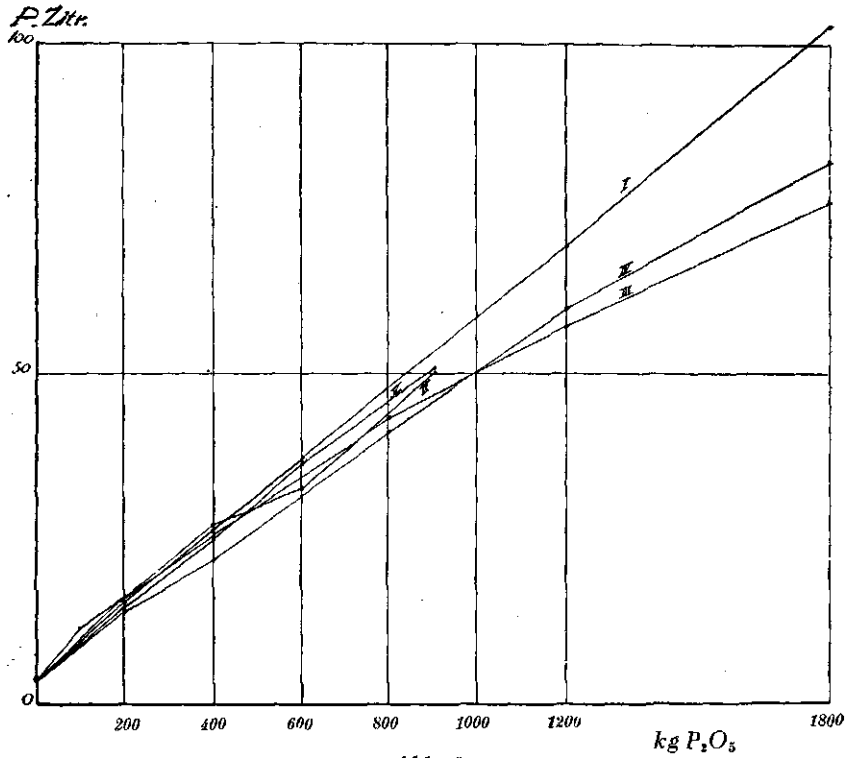

Abb. 9.

Dasselbe wie Abb. 8, für P-Zitr.

Den Zusammenhang zwischen Ertrag und P-Zahl haben wir in Abbildung 11 (S. 62) angegeben. Danach wäre bei einer P-Zahl von etwa 4 (1934 schon bei etwa 2?) der Höchstertrag erreicht.

Abstufungen im pH wurden auf diesen beiden Versuchsfeldern erreicht durch Bekalkung, entweder direkt mit Kreide oder zwangsläufig durch Schlackenmehl. Während im allgemeinen die P-Zahl niedriger gefunden wird, wenn das pH durch Bekalkung steigt (siehe Phosphorsäure *5*, 42 (1935), ist auf diesem neu urbar gemachten Heideboden das Entgegengesetzte der Fall. Wenn man die P-Zahlen von Objekten, welche zwei Phosphatdüngungen erhalten haben, zusammen nimmt (jeweils das Mittel der Frühlings- und der Herbst-Probenahme), bekommt man folgendes Bild (S. 61 oben):

Bei Gruppe I war die letzte Phosphatdüngung im vorangehenden Frühling gegeben (Pr 122 : 1934, 1933 und 1934; Pr 113 : 1934, Phosphatgabe 1932 und 1934; Pr 113 : 1933, Phosphatgabe 1932 und 1933), während bei Gruppe II schon ein Jahr nach der letzten Phosphatdüngung verflossen war (Pr 113 für 1934, Phosphatgabe 1932 und 1933). In beiden Gruppen liegt die P-Zahl höher in der höheren

P_2O_5 jährlich	pH-Gruppe 4.5—5.6		pH-Gruppe 5.6—6.7	
	Anzahl Objekte	P-Zahl	Anzahl Objekte	P-Zahl
		Gruppe I		
300	10	0,3	6	0,7
400	3	1.5	1	1,9
600	11	2,8	11	3,5
900	8	6,4	12	7,1
		Gruppe II		
400	1	0,5	1	0,5
900	4	2,1	—	—
900	1	2,5	1	3,6

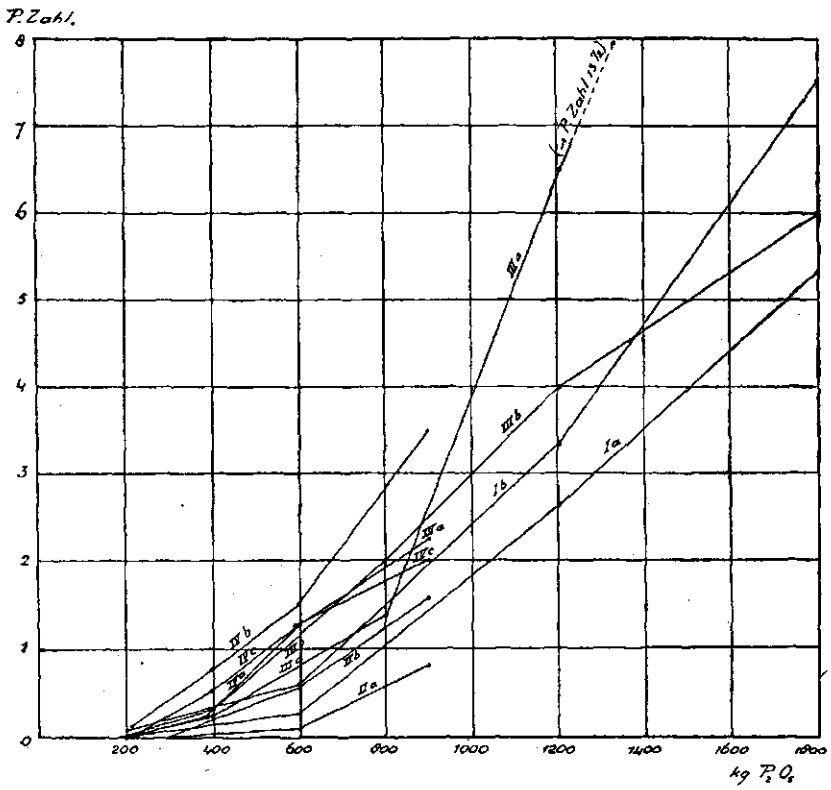

Abb. 10.

P-Zahl bei verschiedenen (totalen) Phosphatgaben, bei Probeentnahme: a) 1—2 Monate nach der Düngung; b) nach 5—6 Monaten und c) nach 10 Monaten.

I Pr 122 und Pr 113 im Jahre 1934
II Pr 122 und Pr 113 im Jahre 1933
III Pr 113 im Jahre 1932.
IV Pr 113 im Jahre 1933

pH-Gruppe; in der zweiten Gruppe (auf Nachwirkung) wird sie niedriger gefunden als in Gruppe I, wie oben schon auseinandergesetzt wurde.

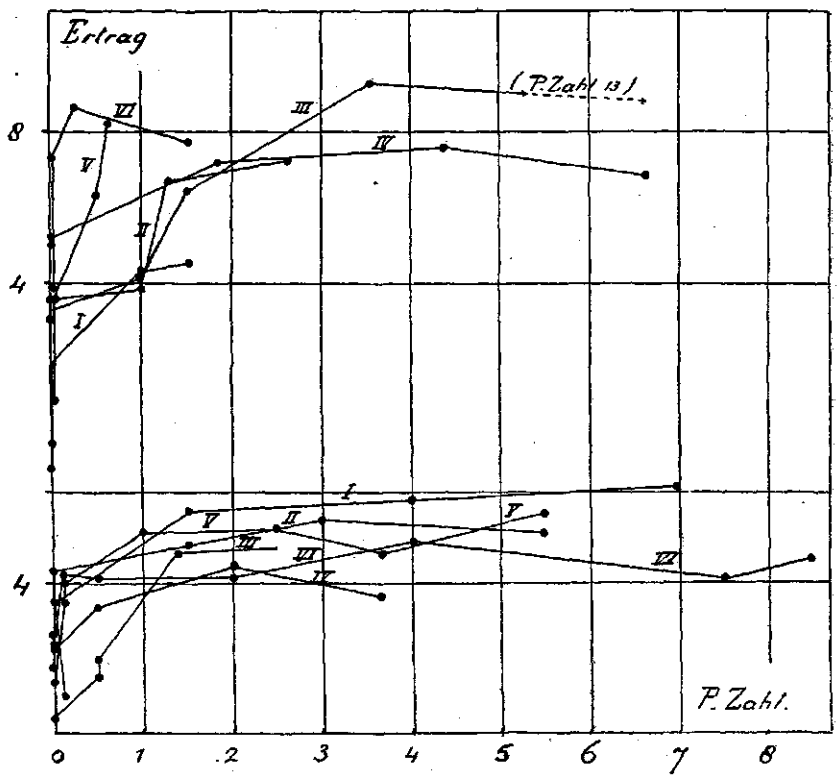

Abb 11

Ertrag (in kg Knollen pro Parzelle) bei verschieden hohen P-Zahlen auf Versuchsfeld Pr 122 (I—IV) und Pr 113 (V und VI), 1933 und 1934. Kurven getrennt für mit (II, IV, VI) resp. ohne (I, III, V) Kalk, und für die Verteilung der Phosphatgaben über die Jahre.

Der Schorfbefall bei Kartoffeln zeigte im allgemeinen einen ziemlich deutlichen Zusammenhang mit dem pH der Objekte, der aber für beide Versuchsfelder im selben Jahre (1934) nicht derselbe war (siehe Abbildung 12). Welche Faktoren den Unterschied bedingten, konnte noch nicht festgestellt werden.

Ob ein Unterschied vorhanden war zwischen kurz und lange zuvor verabreichtem Kalk (indem der erste, der noch nicht so regelmäßig im Boden verteilt und vom Boden aufgenommen ist, den Schorf nicht so fördert, wie dem pH bei der Analyse in homogenisiertem Boden ent-

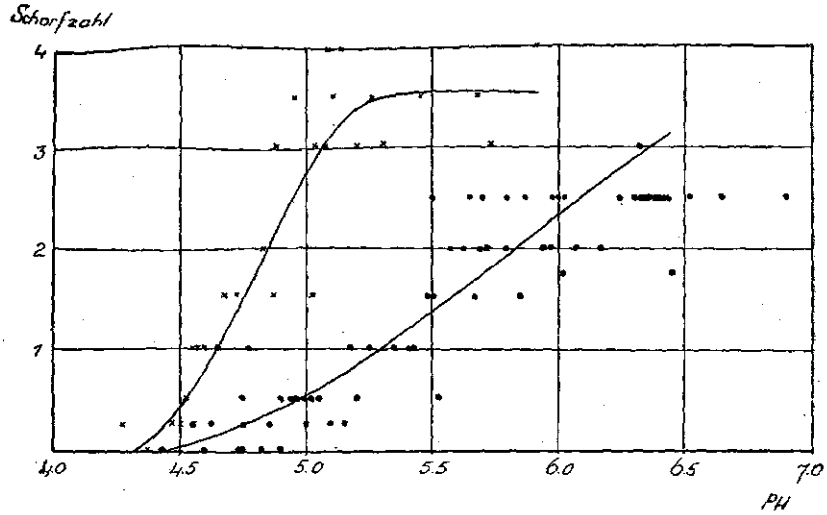

Abb. 12.

Schorfangriff gegen pH für die beiden Versuchsfelder Pr 113 u. Pr. 122 in 1934.

spricht, läßt sich an dem vorliegenden Zahlenmaterial nicht deutlich ausmachen; ebensowenig ob Monokalziumphosphat, namentlich kurz nach der Verabreichung und bei größeren Gaben — das erreichte pH in Betracht gezogen — den Schorfbefall etwas hemmt.