6. Über die Wirkung verschiedener Kalisalze (40 0/0 Kalisalz, Kainit, schwefelsaure Kali-Magnesia) zu Halm- und Hackfrüchten.

Von Geh. Regierungsrat Professor Dr. Br. Tacke.

Nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station in Bremen.

Die Versuche wurden auf Hochmoorboden der Versuchswirtschaft der Moor-Versuchs-Station im Königsmoor, Fläche Ev, in den Jahren 1911 bis 1921 einschließlich durchgeführt. Da die Kali- und Kalkfrage in enger Beziehung zueinander stehen, wurde gleichzeitig die Wirkung verschieden starker Kalkungen in Verbindung mit der verschiedenen Kalidüngemittel untersucht, und zwar nach folgendem Plane:

Außer der gleichmäßigen Grunddüngung mit Stickstoff und Phosphorsäure in geeigneter Form erhielt

Parzellengruppe	1	0	Kalk
„	2	1000 kg	„ je ha
„	3	2000	„ „ „ „

in Form von hochgrädigem Kalkmergel.

In jeder dieser Parzellengruppen erhielten alle Einzelteilstücke, je drei, dieselbe Menge Kali in Form von 40 0/0 Kalisalz oder Kainit oder schwefelsaurer Kalimagnesia, so daß insgesamt 27 Einzelteilstücke vorhanden waren, von denen je drei stets gleichmäßig gedüngt wurden. Die Größe der Einzelteilstücke betrug 3 a, der nicht gekalkten 1 a. Der Boden war Hochmoorboden durchschnittlicher Art, der bis zum Jahre 1878 durch Brandkultur zu Buchweizenbau stark erschöpft worden war, seitdem unbenutzt gelegen hatte und bei Beginn des Versuches stark mit Heide bestanden war. Zunächst wurde die Fläche durch Dränung mit Tonröhren in einer mittleren Tiefe von 1,25 m in 20 m Entfernung entwässert und bei der Einteilung für den Versuch die Vorsicht geübt, daß alle Parzellen gleichmäßig zu den Dräns lagen, in diesem Falle an zwei Seiten von einem Drän begrenzt wurden, was für alle Böden unerläßlich ist, wenn nicht durch die Entwässerung schon Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Versuchspartellen verursacht werden sollen.

Die Oberflächenschicht von 0—20 cm bestand aus dunkelbraunem, fast gut vererdetem Hochmoor mit zahlreichen noch wenig zersetzten Wollgrasschöpfen, die tieferen Schichten aus etwas weniger zersetztem Sphagnumtorf, ebenfalls reich an Woll-

grasresten. In 100 Teilen der trocken gedachten Masse der Oberflächenschicht wurden im Durchschnitt gefunden:

Verbrennliche Stoffe	92,77	Teile
Stickstoff	0,96	"
Unverbrennliche Stoffe	7,23	"
Unlösliches	5,33	"
Kalk	0,30	"
Kali	0,08	"
Phosphorsäure	0,12	"

Für eine Bodenschicht von 1 ha und 20 cm Tiefe ergibt sich eine Menge von

Stickstoff	2767	kg
Kalk	865	"
Kali	231	"
Phosphorsäure	346	"

Der Gehalt an freien Säuren im Boden der Oberfläche betrug im natürlichen Boden vor der Mergelung

ermittelt nach Tacke-Süchting (Zersetzung von kohlen-
saurem Kalk) 3,02 ‰,

" " Gully (Zersetzung von essigsaurem Kalk)
3,12 ‰

berechnet auf Bodentrockenmasse. Ohne an dieser Stelle auf die Form der nach obigen Verfahren ermittelten freien Bodensäuren näher einzugehen, sei hervorgehoben, daß für Moorböden jedenfalls nach denselben der biologisch wirksame Gehalt an freien Bodensäuren ermittelt wird, wofür der Beweis demnächst in einer besonderen Untersuchung des bakteriologischen Laboratoriums der Moor-Versuchs-Station erbracht werden wird. Die Vorbereitung des Feldes für den Versuch erfolgte im Herbst und Winter 1910/1911 nach Abmähen und Abfahren der Heide, durch Pflügen, wiederholte Bearbeitung mit der Flügelegge und sorgsame Einebnung der allerdings nur geringfügigen Unebenheiten. Nur ein die Mitte der Fläche durchziehender alter schmaler Abfuhrweg mußte unter gleichmäßiger Verteilung des Abtrags beseitigt werden. Die Mergelung wurde in den Tagen vom 11. bis 13. April 1911 ausgeführt, die erste Düngung erfolgte sofort darauf und danach eine viermalige gründliche Bearbeitung mit der Flügelegge. In der folgenden Zusammenstellung sind die betreffs der verschiedenen Früchte, der Zeit der Aussaat und Ernte, der Düngung und der Zeit der Kalidüngung, die mit der Phosphorsäurezufuhr gleichzeitig erfolgte,

wichtigen Angaben enthalten. Soweit der Stickstoff in getrennten Mengen gegeben wurde, sind die einzelnen Gaben angeführt.

Jahr	Frucht	Einsaat	Ernte	Düngung je ha mit			Zeit der Kalidüngung
				Kali kg	Phosphorsäure kg	Stickstoff kg	
1911	Moorhafer	12.—18. 4.	24.—26. 7.	125	150	20 + 30	11. 4.
1912	hellgelb. Moorhafer	23. 3.	27. 7.	125	150	20 + 25	21.—22. 3.
1913	Kartoffeln	19.—23. 4.	23. 9.—1. 10.	125	150	25 + 25	14. 4.
1914	Moorhafer	26. 3.	15. 7.	125	150	20 + 25	18. 3.
1915	Moorroggen	7. 10. 14	23.—24. 7.	125	150	10 + 40	3. 10.
1916	Moorhafer	31. 3. u. 1. 4.	8. 8.	125	100	40.	17. 3.
1917	Kartoffeln	3.—5. 5.	—	125	100	30 + 30 + 20	13. 2.
1918	hellgelb. Moorhafer	23. 3.	10.—12. 8.	125	100	20 + 20	1. 3.
1919	Petk. Winterroggen	1. 10.—21. 11. 18	30. 7.	125	100	45	19. 10.—16. 11. 18
1920	Kartoffeln	30. 4.—6. 5.	11. 10.—18. 10.	150	60	60 + 20	22.—23. 3.
1921	Moorhafer	6. 4.—9. 4.	11.—12. 8.	150	75	45	7.—8. 3.

1911 bis 1914 einschließlich wurde die Phosphorsäure in Form von Älgierphosphat, der Stickstoff als Chilisalpeter gegeben, 1915 Phosphorsäure in gleicher Form, Stickstoff als Ammonsulfat, davon 10 kg im Herbst, 1916 bis 1919 die Phosphorsäure in Thomas-mehl und Älgierphosphat (40 + 60 bez. 60 + 40), 1920 in Rhenianaphosphat (unter Berücksichtigung des darin enthaltenen Kalis) 1921 in Thomasmehl, der Stickstoff nach 1915 jedes Jahr als Ammonsulfat, weil Chilisalpeter nicht zu erlangen war. Die in den einzelnen Jahren verwendeten Kalisalze hatten nachstehende Zusammensetzung:

	Kalisalz	Kainit	Schwefels. Kali-Magnesia	
1911	40,07% Kali	14,09% Kali	25,75% Kali	12,93% Magnesia
1912	40,04 „	14,24 „	30,20 „	11,15 „
1913	42,05 „	14,40 „	27,73 „	9,02 „
1914	39,08 „	12,73 „	27,73 „	9,02 „
1915	41,38 „	14,28 „	26,30 „	9,52 „
1916	39,62 „	10,17 „	25,52 „	—
1917	41,70 „	10,17 „	25,09 „	9,54 „
1918	53,00 „	11,88 „	29,44 „	10,36 „
1919	53,48 „	11,88 „	29,44 „	10,36 „
1920	40,60 „	12,39 „	29,44 „	10,36 „
1921	40,60 „	17,36 „	29,44 „	10,36 „

Von der Wiedergabe der Erträge der einzelnen Parzellen ist mit Rücksicht auf das große Zahlenmaterial und die durch die lange Versuchsdauer gesicherten Ergebnisse abgesehen, es sind vielmehr in der nachfolgenden Zusammenstellung nur die Durchschnittserträge je dreier Kontrollparzellen enthalten, die im allgemeinen befriedigend untereinander übereinstimmen. Die Erträge an Korn und Stroh sind auf lufttrockene Masse mit 15 % Feuchtig-

keit¹⁾ umgerechnet, bei Kartoffeln bedeuten die Zahlen frische gereinigte Knollen. Die Gesamtergebnisse des Versuches sowie die für die bezeichneten Jahre berechneten Durchschnitte sind in der nachfolgenden Zusammenstellung enthalten.

Zu dem Verlauf des Versuches ist folgendes zu erwähnen: Die klimatischen Verhältnisse des Königsmoors sind im Vergleich zu anderen nordwestdeutschen Hochmooren ungewöhnlich ungünstig, namentlich wegen der häufigen und heftigen Spätfröste, die in einzelnen Jahren, wie z. B. 1915 bei Roggenkorn, 1917 bei Kartoffeln, einen Totalschaden verursachten. In einigen Jahren war kaum ein einziger Monat frostfrei. Die klimatischen Verhältnisse werden sich voraussichtlich bessern, wenn die vorgesehenen Schutzpflanzungen, die die Wirkung der die kahle Fläche bestreichenden, die Bodenoberfläche stark austrocknenden und dadurch die Frostgefahr erhöhenden Winde abschwächen, erst herangewachsen sind. Ferner ist sehr oft die Beobachtung zu machen, daß die z. T. infolge vollkommenerer Düngung weiter entwickelten Früchte viel stärker unter dem Froste leiden, als die zurückgebliebenen, was z. B. bei Kartoffeln zur Folge haben kann, daß die letztgenannten nach Frostschaden, da sie noch über reichlichere Reservestoffe verfügen, sich namentlich nach Niederschlägen besser entwickeln und den Vorzug einer besseren Düngung verdunkeln. 1911 wurde der Hafer in der Nacht vom 10. zum 11. Juni stark durch Frost geschädigt, so daß er eine Mißernte lieferte, auch 1912 wurde er durch wiederholte Nachfröste bis Anfang Juni in seiner Entwicklung gehemmt. Am 13./14. Juni 1913 froren die Kartoffeln des ganzen Versuchsfeldes bis fast auf den Grund ab, erholten sich aber bei dem danach einsetzenden warmen Regen ziemlich schnell. Auffallend war die viel dunklere Färbung der mit schwefelsaurer Kali-Magnesia gedüngten Versuchsstücke im Vergleich zu den mit den anderen Kalidüngemitteln versehenen. Die nicht gekalkten Teilstücke, die bei Eintritt des Frostes in der Entwicklung zurück waren, litten weniger und erholten sich schneller, der Einfluß der Kalkung wurde dadurch mehr oder weniger verwischt. 1914 blieben eben-

¹⁾ Bei der Ernte 1921 konnte die Ermittlung des Wassergehaltes der luft-trockenen Ernteproben noch nicht vorgenommen werden, er wird aber nach vielfachen in der Trockenvorrichtung der Moor-Versuchs-Station für Ernteproben gemachten Erfahrungen nur unwesentlich davon abweichen.

Bei den umfangreichen Berechnungen hat mich Herr Dr. Spiecker unterstützt.

falls Frostschäden nicht aus, waren aber verhältnismäßig gering, die Ernte war recht befriedigend. 1915 wurde der gut stehende Roggen in den Nächten vom 18. bis 21. Juni während der Blüte von starken Nachtfrostern heimgesucht, so daß keine Körner sich bildeten. 1916 sind merkbare Störungen nicht eingetreten, aber die Kartoffeln wurden in der Nacht vom 6./7. Juli des folgenden Jahres völlig vernichtet und da danach eine dürre Zeit folgte, so in ihrer Entwicklung gehemmt, daß nichts geerntet wurde. 1918 sind bei Hafer keine, 1919 bei Roggen kleine Frostschäden aufgetreten, jedoch litt letzterer unter Befall von *Thrips cerealium* (Getreideblasenfuß). 1920 wurde das Versuchsfeld gleichmäßig mit drei verschiedenen Kartoffelsorten, Industrie, Deodara und Bismarck bestellt. Die zweite Sorte ging so ungleichmäßig auf, daß sie für den Versuch ausgeschaltet werden mußte. Besonders auffallend und noch viel stärker als im Jahre 1913 war die tiefdunkle Farbe des Kartoffellaubes auf den Teilstücken mit schwefelsaurer Kali-Magnesia, auch blieb auf diesen das Laub viel länger grün.²⁾ Im letzten Versuchsjahr war die andauernd kalte und trockene Frühjahrswitterung der Entwicklung des Hafers nicht günstig, merkbare Frostschäden traten nicht auf. Bei dem Versuch im Jahre 1919 ist noch zu bemerken (siehe Zusammenstellung w. o.), daß der Roggen, um den Einfluß der Saatzeit zu ermitteln, in gleichmäßiger Verteilung über das Versuchsfeld zu drei verschiedenen Zeiten gesät wurde. Da ein Einfluß der Saatzeit nicht hervortrat, ist in der Erntezusammenstellung der Durchschnitt aller Versuchspartzellen wiedergegeben.

Trotz aller der genannten Hemmungen dürfte der Versuch seinen Wert beanspruchen. Die Hauptergebnisse sind die folgenden:

1. Die Wirkung der verschiedenen Kalidüngemittel auf den Ertrag an Halmfrucht. Die Gegenwart nicht mit Kali gedüngter Teilstücke war unnötig, da das sehr starke Kalibedürfnis des Hochmoorbodens unzweifelhaft, außerdem durch eine Reihe anderer Versuche der Versuchswirtschaft erhärtet ist. Es kam hier darauf an, die Ertragshöhe bei den verschiedenen Kalidüngemitteln festzustellen. Von einzelnen Unregelmäßigkeiten abgesehen ist in den einzelnen Jahren sowie im Durchschnitt von fünf Versuchsjahren bei Hafer kein durchgreifender Unterschied

²⁾ Es sind bei Fortsetzung des Versuches Untersuchungen beabsichtigt, wenn möglich festzustellen, worauf die dunklere Färbung des Laubs beruht.

im Ertrag an Stroh und Korn zwischen der Düngung mit Kalisalz und Kainit zu bemerken, bei Roggen in dem einen ungestörten Versuchsjahr ein Abfall bei Kainitdüngung, dem aber mit Rücksicht auf den Einzelfall zunächst keine besondere Bedeutung beizumessen ist. Dagegen bleibt fast ausnahmslos und namentlich sehr deutlich im Durchschnitt von fünf Versuchsjahren der Ertrag an Hafer bei Düngung mit schwefelsaurer Kalimagnesia hinter dem bei Düngung mit den anderen Kalidüngemitteln zurück und das Gleiche gilt vom Winterroggen im Jahre 1919. Solches zeigte sich schon augenfällig im Felde und äußerte sich außerdem dadurch, daß infolge des dünneren Standes der Frucht die Verunkrautung mit gewissen lästigen Moorunkräutern, namentlich gemeinem Holzzahn, Galeopsis Tetrahit, auf den Parzellen mit schwefelsaurer Kalimagnesia durchgehends stärker war als auf den übrigen.

2. Bei den Versuchen mit Kartoffeln, bei denen leider ein Jahr völlig ausfiel, ist die schwefelsaure Kalimagnesia, was den Rohertrag angeht, dem hochgrädigen Kalisalz nur wenig, dem Kainit, wenn man von dem Ertrag 1920 bei Industrie bei 1000 kg Kalk absieht, stärker überlegen. Jedoch ist für das Versuchsjahr 1913 zu bemerken, daß wegen allzugroßer Nässe im Herbst 1912 nicht gepflügt werden konnte, sondern erst im Frühjahr 1913, sodaß die Düngung mit den verschiedenen Kalisalzen erst außergewöhnlich spät, am 14. April, geschehen konnte. Daß dadurch der Kainit besonders ungünstig gestellt wurde, bedarf keiner besonderen Begründung. 1920 konnte die Düngung etwa fünf Wochen vor der Saat ausgeführt werden. Die Überlegenheit der schwefelsauren Kalimagnesia tritt hier, abgesehen von der erwähnten Ausnahme, stärker hervor als im Jahre 1913. Die Gesamterträge in allen Versuchsjahren sind jedoch im allgemeinen namentlich infolge der Frostschäden nicht befriedigend, auf diese auch wohl einzelne Widersprüche in den Ergebnissen zurückzuführen. Im Durchschnitt ohne Berücksichtigung der verschiedenen Kalkung war der Ertrag an gereinigten Knollen je ha bei

Kalisalz 13086 kg

Kainit 11777 „

schwefelsaurer Kalimagnesia 13991 „

also bei letztgenannter höher gegenüber hochgrädigem Kalisalz um 905 kg, gegenüber Kainit um 2214 kg^{*)}). Das Ergebnis bei

^{*)} Bei der vorläufigen Mitteilung in dem Tätigkeitsbericht der Moor-Versuchs-Station für 1913, Protokoll der Zentral-Moor-Kommission, 72. Sitzung, S. 48, sind die Roherträge, nicht die an gereinigten Knollen wiedergegeben.

Verwendung von Kainit, namentlich bei später Anwendung, kann nach allem, was wir über dessen Wirkung zu Kartoffeln wissen, nicht überraschen.

Wesentlich günstiger stellt sich das Ergebnis für die schwefelsaure Kalimagnesia, wenn man den Stärkegehalt der geernteten Knollen und den Stärkeertrag je ha berücksichtigt. Im Durchschnitt aller Versuche ohne Rücksicht auf Sorte war der prozentische Stärkegehalt der frischen gereinigten Knollen und der gesamte Ertrag an Stärke⁴⁾ bei den verschiedenen Kalisalzen folgender:

0 Kalk		1000 kg Kalk		2000 kg Kalk	
‰ Stärke	kg Stärke je ha	‰ Stärke	kg Stärke je ha	‰ Stärke	kg Stärke je ha
40 ‰ Kalisalz					
19,65	2018	20,04	1991	19,73	2189
Kainit					
18,95	1631	18,80	1992	19,18	1678
Schwefels. Kalimagnesia					
20,98	2294	21,19	2401	22,20	2579

Die günstige Wirkung der schwefelsauren Kalimagnesia auf den prozentischen Stärkegehalt und Gesamtertrag an Stärke tritt sehr deutlich hervor.

Über Versuche ähnlicher Art, die in größerem Umfang auf Veranlassung des Kalisyndikats in Deutschland und Holland angestellt wurden, hat A. Jacob⁵⁾ berichtet. Sie lieferten betreffs der drei von uns geprüften Kalisalze gleichsinnige Ergebnisse, die Durchschnittszahlen für den Mehrertrag an frischen Knollen wie an Stärke sämtlicher Versuche stimmen auffallend beim Vergleich von Chlorkalium⁶⁾ und schwefelsaurer Kalimagnesia überein. Der Mehrertrag durch Verwendung schwefelsaurer Kalimagnesia gegenüber Chlorkalium bez. 40 ‰ oder 50 ‰ Düngesalz belief sich im Durchschnitt bei den Versuchen des Kalisyndikats auf 9 dz Knollen und 3,9 dz Stärke je ha, bei den Versuchen der Moor-Versuchs-Station auf 9 dz Knollen und 3,6 dz Stärke je ha. Bei dem einen Versuch, der mit Hafer angestellt wurde, hatte die schwefelsaure Kalimagnesia keinen Vorzug. Die Schlußfolgerungen des Verfassers betreffs der Rolle der Magnesia scheinen mir auf Grund der Versuchsanordnung nicht ausreichend begründet und diese strittige Frage bedarf weiterer eingehender Bearbeitung, wenn

⁴⁾ Der Stärkegehalt wurde gewichtsanalytisch ermittelt.

⁵⁾ Dr. A. Jacob, Die Bedeutung der schwefelsauren Kalimagnesia für die Moorkultur. Mitt. d. Vereins z. Förd. der Moorkultur 1920, S. 339.

⁶⁾ Der Gehalt des Chlorkaliums an Kali ist nicht angegeben, vermutlich ist ein Salz mit 52,6 ‰ bez. 57,8 ‰ Kali verwendet worden.

gleich auch nach unseren Versuchen ein besonderer günstiger Einfluß der schwefelsauren Kalimagnesia auf die Kartoffel nicht zu verkennen ist. Berechnungen über die Wirtschaftlichkeit der Verwendung des einen oder anderen Kalidüngemittels anzustellen, ist bei den heutigen schwankenden Preisen für dieselben und die erzielten Erzeugnisse wenig zweckmäßig; bei den Kartoffeln wird sie in hohem Maße davon abhängig sein, ob diese nach dem Knollengewicht oder nach dem Stärkegehalt gehandelt werden. Bei den heutigen Preisen für Kali würde sich die Düngung mit 125 kg Kali je ha in schwefelsaurer Kalimagnesia um rund 300 Mark teurer stellen als in 40 % Kalisalz, den dz der durchschnittlich mehr geernteten Kartoffeln also mit noch nicht 34 Mark mehr belasten. Die besondere Vorliebe der Holländer für die schwefelsaure Kalimagnesia für die Düngung der Kartoffel scheint einer gewissen Berechtigung nicht zu entbehren, ist jedoch unter dem Gesichtspunkt zu beurteilen, daß sehr große Mengen derselben neben ungewöhnlich hohen Mengen anderer Düngesalze angewandt werden. Ob derartige Gaben für unsere Verhältnisse sich empfehlen, scheint mir nach Versuchen, über die demnächst berichtet werden soll, zweifelhaft.

3. Die Wirkung der verschieden starken Kalkung. Das Ergebnis der zahlreichen seit Jahrzehnten auf kalkarmen Moorböden durchgeführten Versuche kann dahin zusammengefaßt werden, daß stärkere Kalkzufuhren als 20 dz Calciumoxyd in irgendwelcher Form (gebrannter Kalk, Mergel) sich auf die Dauer zu Halm- und Hackfrucht als schädlich erwiesen, umsomehr, je stärker die Kalkung war. Die auf Grund vielfacher Untersuchungen gewonnene Auffassung, daß die Ursache für diese Erscheinung darin zu suchen sei, daß bei stärkeren Kalkungen durch bakterielle Vorgänge eine Schädigung der Stickstoffernährung stickstoffzehrender Gewächse eintrete, ist durch die im bakteriologischen Laboratorium der Moor-Versuchs-Station von Arnd durchgeführten Untersuchungen bestätigt worden. Als stickstoffhaltiges künstliches Düngemittel wurde bis zum Ausbruch des Weltkrieges auf Hochmoorboden fast ausschließlich Chilisalpeter benutzt, seitdem überwiegend schwefelsaures Ammoniak, soweit nicht in jüngster Zeit andere salpeterhaltige Stickstoffdüngemittel zu erlangen waren. Nach noch nicht abgeschlossenen Versuchen hat es den Anschein, als ob bei dauernder Anwendung von schwefelsaurem Ammoniak die bei höheren Kalkgaben meist nach kurzer Zeit auftretenden Rückschläge in den Erträgen ausbleiben. Bei den

vorliegenden Versuchen ist die Kalkmenge nicht über das für Ackerbau auf Hochmoor zulässige Höchstmaß gesteigert worden.⁷⁾ Wir sehen auch, von Schwankungen in den einzelnen Jahren abgesehen, im Durchschnitt der langen Versuchsdauer keine ungünstige Wirkung der Kalkmenge von 2000 kg je ha im Vergleich zu 1000 kg, abgesehen von dem Kartoffelertrag bei Kainit, was aber mit Rücksicht auf die wenigen Versuchsjahre und den ungewöhnlichen nicht näher aufzuklärenden Rückschlag bei einer Sorte im Jahre 1920 (2000 kg Kalk und Kainit) nicht allzuviel besagt. Im allgemeinen tritt sogar im Durchschnitt eine, wenn auch nur mäßige Ertragssteigerung durch die stärkere Kalkung von 2000 kg Kalk je ha hervor. Es ist aber besonders auf die vielfach beobachtete Tatsache hinzuweisen, daß auch auf den nicht gekalkten Parzellen die Nebenwirkung der kalkhaltigen Phosphorsäuredüngemittel die Wirkung des Kalks auf den gekalkten Parzellen nach einigen Jahren zu einem großen Teil wenn auch nicht völlig zu ersetzen vermag⁸⁾. Wie stark die Anreicherung mit Kalk durch die kalkhaltigen Phosphorsäuredüngemittel in verhältnismäßig kurzer Zeit gewesen ist, wird weiter unten dargestellt werden.

4. Der Gehalt der Ernte der Halmfrüchte an Stickstoff, Kali und Kalk. Nachstehend sind die Durchschnitte an den genannten Pflanzennährstoffen bei Hafer für die Jahre 1912, 1914, 1916, 1918, bei Roggen für 1915 und 1919 berechnet worden, für die Untersuchungen vorliegen. Bei Kartoffeln wurde wegen der Schwierigkeit, das Laub restlos zu gewinnen, von Bestimmungen dieser Art abgesehen. Die Zahlen beziehen sich auf vollkommen trocken gedachte Masse.

Mit steigender Kalkung tritt unverkennbar bei Korn und Stroh eine Abnahme des prozentischen Gehaltes an Stickstoff ein, in dem prozentischen Gehalt an Kali und Kalk ist keine Gesetzmäßigkeit ersichtlich, insbesondere auch nicht im Sinne des Kalk-Kali-Gesetzes von Ehrenberg, daß mit steigender Kalkmenge etwa eine Abnahme des Kaligehaltes zu bemerken wäre. Im Gegenteil, in den absoluten Mengen steigt meist mit der aufgenommenen Kalkmenge die Kalimenge.

⁷⁾ Vergl. auch Densch, Beziehungen zwischen Azidität des Moorbodens und der Kalkdüngung. Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur 1919, S. 49.

⁸⁾ Diesem Umstand ist vielfach bei Phosphorsäuredüngungsversuchen nicht Rechnung getragen und eine Kalkwirkung als Phosphorsäurewirkung angesprochen worden.

Hafer

Frucht	Versuchsdüngung mit Kali	100 Teile Erntetrockensubstanz enthalten durchschnittlich					
		Korn Teile			Stroh Teile		
		Stick- stoff	Kali	Kalk	Stick- stoff	Kali	Kalk
Hafer		ohne Kalk					
	Kalisalz	1,96	0,77	0,12	0,54	2,23	0,24
	Kainit	2,01	0,75	0,12	0,49	2,12	0,23
	schwefels. Kalimagnesia	1,90	0,77	0,13	0,52	2,33	0,28
		1000 kg Kalk					
	Kalisalz	1,83	0,77	0,13	0,45	2,20	0,27
	Kainit	1,86	0,73	0,14	0,45	2,37	0,29
	schwefels. Kalimagnesia	1,82	0,78	0,15	0,47	2,34	0,30
		2000 kg Kalk					
	Kalisalz	1,77	0,77	0,14	0,39	2,35	0,31
	Kainit	1,87	0,73	0,14	0,41	2,21	0,28
	schwefels. Kalimagnesia	1,79	0,75	0,14	0,46	2,47	0,33

Roggen

Roggen		ohne Kalk					
	Kalisalz	2,43	0,79	0,12	0,72	1,93	0,43
	Kainit	2,44	0,81	0,09	0,88	1,77	0,34
	schwefels. Kalimagnesia	2,44	0,99	0,19	0,72	1,81	0,50
		1000 kg Kalk					
	Kalisalz	2,07	0,76	0,09	0,64	1,69	0,31
	Kainit	2,20	0,80	0,08	0,68	1,72	0,35
	schwefels. Kalimagnesia	2,34	0,80	0,11	0,67	1,65	0,37
		2000 kg Kalk					
	Kalisalz	1,91	0,77	0,09	0,52	1,74	0,37
	Kainit	1,99	0,78	0,08	0,57	1,75	0,33
	schwefels. Kalimagnesia	2,08	0,82	0,14	0,63	1,74	0,41

Durchschnittlicher Gesamtgehalt der Jahresernte an Stickstoff,
Kali und Phosphorsäure je ha

Versuchsdüngung mit Kali	Hafer			Roggen		
	Stick- stoff	Kali	Kalk	Stick- stoff	Kali	Kalk
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
	ohne Kalk					
Kalisalz	53,0	95,1	10,3	31,0	69,4	14,7
Kainit	57,1	97,5	10,6	37,4	66,6	11,6
schwefels. Kalimagnesia	42,8	83,3	10,1	26,7	60,0	17,4
	1000 kg Kalk					
Kalisalz	59,3	109,5	14,0	45,1	85,7	14,7
Kainit	62,1	116,1	14,8	43,4	84,9	15,6
schwefels. Kalimagnesia	52,5	100,7	13,3	37,2	74,1	16,2
	2000 kg Kalk					
Kalisalz	56,2	114,1	15,2	34,3	81,9	16,3
Kainit	61,5	111,4	14,6	37,0	84,2	14,9
schwefels. Kalimagnesia	54,0	105,8	14,4	34,0	77,1	18,0

5. Die Veränderung der Bodenzusammensetzung während des Versuches. Analytische Untersuchungen dieser Art sind, eine sehr sorgfältige Probenahme vorausgesetzt, auf Moorboden bei dessen einseitiger Zusammensetzung und großer Armut an einzelnen Pflanzennährstoffen mit größerer Aussicht auf Erfolg möglich als bei anderen Bodenarten. Man gewinnt auf diese Weise ein wertvolles Hilfsmittel, sich über die Anreicherung des Bodens mit wichtigen Pflanzennährstoffen infolge der fortgesetzten Düngung zu unterrichten und da diese Nährstoffe erfahrungsgemäß überwiegend in den Pflanzen zugänglicher Form verharren, über den Fruchtbarkeitszustand des Bodens. Allerdings liegt eine besondere Schwierigkeit vor. Infolge der durch die Kultur verursachten Zersetzung der Oberflächenschicht wird deren Mächtigkeit von Jahr zu Jahr geringer und soll nicht die Fruchtbarkeit des Bodens leiden, so ist es erforderlich, auf dem sauren Hochmoorboden, in dessen tiefere nicht entsäuerte Schichten die Wurzeln der Kulturgewächse nicht eindringen, möglichst alljährlich, wenn nicht gegen Bodensäuren besonders empfindliche Gewächse angebaut werden, eine schwache, einige Zentimeter starke Schicht der Moortalen unter der Krume in diese aufzupflügen und mit ihr zu mischen, um deren Stärke zu erhalten. Dadurch wird aber die Oberfläche mit gewissen Mengen der im rohen Moor vorhandenen Pflanzennährstoffe bereichert, so daß der Unterschied, der in der Zusammensetzung der Oberflächenschicht im Laufe der Zeit eintritt, nicht ausschließlich der Düngung zugeschrieben werden darf. Bei dem geringen Gehalt des rohen Hochmoorbodens an Pflanzennährstoffen wird das aber nicht allzusehr ins Gewicht fallen. An der Stickstoffanreicherung der Kulturschicht im Laufe der Jahre dürften allerdings neben den Stoppel- und Wurzelrückständen diese Maßnahmen in stärkerem Grade beteiligt sein als bei den übrigen Pflanzennährstoffen, zumal der Stickstoff des Hochmoorbodens sehr schwer zersetzlich ist.

In den nachfolgenden Zusammenstellungen sind die Ergebnisse einer im Jahre 1916, also nach fünfjähriger Dauer des Versuches veranstalteten Bodenuntersuchung enthalten und mit dem Ergebnis vor Beginn des Versuches zusammengestellt. Eine vollkommene Bilanz des Bodenhaushalts läßt sich leider nicht aufstellen, weil nicht bei allen Früchten die Nährstoffentnahme festgestellt werden konnte. Die prozentischen Zahlen beziehen sich auf die trocken gedachte Moormasse, die absoluten auf eine Schicht von 20 cm Stärke und 1 ha Fläche.

Versuchsdüngung	100 Teile Bodentrockenmasse enthalten Teile				1 ha enthält in der Oberflächenschicht bis 20 cm Tiefe kg			
	Stickstoff	Kali	Phosphor- säure	Kalk	Stickstoff	Kali	Phosphor- säure	Kalk
1911 vor dem Versuch	0,96	0,08	0,12	0,30	2767	231	346	865
1916 nach fünfjähriger Dauer des Versuches								
ohne Kalk								
Kalisalz	0,98	0,10	0,19	0,98	3683	376	714	3683
Kainit	0,92	0,08	0,14	0,85	3305	287	503	3054
schwefels. Kalimagnesia	1,05	0,08	0,15	0,91	3877	295	554	3360
1000 kg Kalk								
Kalisalz	0,85	0,08	0,21	1,32	3531	332	872	5483
Kainit	1,03	0,07	0,18	1,13	4239	288	741	4651
schwefels. Kalimagnesia	1,05	0,08	0,18	1,13	4255	324	729	4579
2000 kg Kalk								
Kalisalz	0,98	0,07	0,19	1,64	3721	266	721	6227
Kainit	0,96	0,11	0,23	1,65	3765	431	902	6472
schwefels. Kalimagnesia	1,02	0,08	0,19	1,62	4067	319	758	6461
Durchschnitt ohne Kalk	—	—	—	—	3622	319	590	3366
Durchschnitt bei 1000 kg Kalk	—	—	—	—	4008	315	781	4904
Durchschnitt bei 2000 kg Kalk	—	—	—	—	3851	338	794	6387
Gesamtdurchschnitt	—	—	—	—	3827	323	721	4886

Die Bereicherung der Oberflächenschicht an absoluten Mengen der einzelnen Nährstoffe bei gleichem prozentischem Gehalt der Bodenmasse an diesen vor und nach fünfjähriger Dauer des Versuches bedeutet keinen Widerspruch, da solche durch das infolge der Zersetzung des Bodens erhöhte Volumgewicht (scheinbare spez. Gewicht) und die dichtere Lagerung verursacht ist. Die Vermehrung des Kalivorrats in der Kulturschicht ist auf allen Versuchsstücken auffallend gleich, genügt jedoch kaum dem Anspruch einer mittleren Ernte. Allerdings ist die Düngung mit Kali nicht stark und nach den oben wiedergegebenen Zahlen für den durchschnittlichen Gehalt der Ernte an Kali der von der Düngung im Boden verbliebene Rest nicht groß gewesen. Er hat im Mittel jährlich höchstens 25 kg Kali betragen, die jährliche Zunahme im Boden beträgt im Durchschnitt der fünf Jahre etwa 18 kg. Der Phosphorsäurevorrat des Bodens hat eine ansehnliche Vermehrung erfahren, was bei den verhältnismäßig starken Düngungen in den ersten fünf Versuchsjahren nicht über-

rascht. Die Phosphorsäureentnahme durch die Ernten ist nicht ermittelt worden, irgendwie nennenswerte Verluste an Phosphorsäure treten auch in saurem Moorboden nach vielfachen Untersuchungen nicht ein und die Nachwirkung von Phosphorsäuredüngungen ist auch auf Hochmoor anhaltend und stark. Beim Kalk beläuft sich die Zunahme auf:

dem nicht gekalkten Felde auf durchschnittlich 2501 kg

dem mit 1000 kg Kalk versehenen Felde auf 4039 kg

dem mit 2000 kg Kalk versehenen Felde auf 5522 kg

und nach Abzug der zugeführten Kalkmenge

auf dem mit 1000 kg Kalk versehenen Felde auf 3039 kg

auf dem mit 2000 kg Kalk versehenen Felde auf 3522 kg

Auffallender Weise hat demnach eine Kalkzufuhr von je 1000 kg eine weitere Vermehrung gegenüber dem nicht oder schwächer gekalkten Felde verursacht:

bei Zufuhr von 1000 kg von 538 kg

bei Zufuhr von 2000 kg von 483 kg

Da die Düngung im übrigen überall gleich war, die Entnahme an Kalk bei der Kalkung höher als auf den nicht gekalkten Teilstücken, wird die stärkere Zunahme wahrscheinlich auf der stärkeren Inanspruchnahme der Schicht unter der Ackerkrume beim Pflügen infolge stärkerer Zersetzung der Oberflächenschicht bei stärkerer Kalkung beruhen. Eine eindeutige Wirkung der Düngung mit verschiedenen Kalisalzen auf den Kalkvorrat der Ackerkrume tritt nicht hervor, auf den nicht und auf den schwach gekalkten Teilstücken scheint allerdings die Zunahme an Kalk bei Kainit und schwefelsaurer Kalimagnesia geringer als bei Kalisalz, auf den stark gekalkten tritt das Gegenteil hervor. Jedenfalls beweisen die Zahlen, daß die entkalkende Wirkung der Düngung mit Kalisalzen auf Hochmoorboden nicht allzuviel bedeutet, in Übereinstimmung mit Feldversuchen über den Kalkbedarf vor Jahrzehnten gekalkter Felder, die seitdem regelmäßig mit Kalisalzen irgend welcher Art gedüngt worden sind. Meiner Meinung nach wird auch auf anderen Bodenarten die entkalkende Wirkung der Kalidüngemittel überschätzt und der Abgang an Kalk vielfach durch den in phosphorsäurehaltigen Düngemitteln zugeführten Kalk ersetzt. Anders dürfte es sich mit der entkalkenden Wirkung des Ammonsulfats verhalten.

Die Hauptergebnisse des vorstehenden Versuches können kurz wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die schwefelsaure Kalimagnesia übt im Vergleich