AUS DEM
AGRIKULTURCHEMISCHEN UND BAKTERIOLOGISCHEN INSTITUT
DER UNIVERSITÄT BRESLAU

ÜBER DIE EINWIRKUNG EINSEITIGER SALZGABEN AUF WACHSTUM UND ERTRAG VON KULTURPFLANZEN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

EINER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

SCHLESISCHEN FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BRESLAU

VORGELEGT VON

FRITZ WAGNER

PROMOTION: 25. JANUAR 1933

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1933

AUS DEM
AGRIKULTURCHEMISCHEN UND BAKTERIOLOGISCHEN INSTITUT
DER UNIVERSITÄT BRESLAU

ÜBER DIE EINWIRKUNG EINSEITIGER SALZGABEN AUF WACHSTUM UND ERTRAG VON KULTURPFLANZEN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

EINER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

SCHLESISCHEN FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BRESLAU

VORGELEGT VON

FRITZ WAGNER

PROMOTION: 25. JANUAR 1933

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1933

Referent: Professor Dr. Ehrenberg
Korreferent: Professor Dr. Berkner
Rigorosum: 29. 7. 1931

Gedruckt mit Genehmigung der Hohen Philosophischen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau

ISBN 978-3-662-28097-3 ISBN 978-3-662-29605-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-29605-9

Erschienen im „Wissenschaftlichen Archiv für Landwirtschaft"
Abt. A: Pflanzenbau, Bd. 10, Heft 1
Copyright by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1933
Ursprünglich erschienen bei Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin W9 1933

Inhalt.

Einleitung (S. 1).
Hauptteil (S. 3).
I. Versuchsmethodik (S. 3).
II. Beobachtungen (S. 4).
1. Einfluß der Bromsalze auf die Versuchspflanzen (S. 4).
2. Schätzung der Laubfarbe bei den Kartoffelstauden und Bericht über die Wachstumshöhe dieser Stauden (S. 4).
3. Messung der Blattfläche der Buschbohnen-Pflanzen (S. 5).
4. Nitratnachweis im Pflanzengerüst der Buschbohnen (S. 7).
5. Wirkung des Ammoniums auf die Versuchspflanzen (S. 8).
III. Trockensubstanzbestimmung:
Buschbohnen (S. 9).
Kartoffeln (S. 11).
IV. Analytische Ergebnisse (S. 14).
V. Besprechung der Versuchsergebnisse (S. 20).
Zusammenfassung (S. 28).
Literatur (S. 30).

Einleitung.

In jüngster Zeit hat man sich mit der Frage der Mineralstoffaufnahme in Form von Ionen durch die Pflanzen eingehender befaßt. Zweifellos spielen dabei auch biologische Einflüsse eine Rolle, denn die Permeabilität der Zellmembranen und die Unterschiede im osmotischen Druck können allein das Verhalten der lebenden Pflanze, z. B. einer Nährlösung gegenüber, nicht erklären.

E. Pantanelli und *M. Sella*[1] ermittelten z. B., daß Anionen und Kationen in gewissen Grenzen unabhängig voneinander aufgenommen werden. Sie finden, daß aus zweiwertigen Elektrolyten im ersten Stadium der Aufnahme vorwiegend das Anion aufgenommen wird, während das Kation zurückbleibt. Hierbei ist sicher die Atemkohlensäure der Pflanzenwurzel von Bedeutung. Auch *D. R. Hoagland*[2] stellte in Wasserkulturen eine Aufnahme der verschiedenen Ionen mit

ungleicher Schnelligkeit und in unterschiedlicher Menge fest, ferner den Einfluß eines bestimmten Ions auf die Aufnahme eines anderen. Das verhältnismäßig sehr langsam aufgenommene Sulfation drückte z. B. die Aufnahme der Kationen stark herab. Das Kali wurde in der Form von KCl und KNO_3 viel rascher aufgenommen als in der Sulfatform. Eine besonders hohe Konzentration des Natriumions wirkte stark hemmend auf die Aufnahme der anderen Kationen, besonders von Kalium und Calcium ein. Schließlich konnte *Hoagland* den Schluß ziehen, daß die Pflanzen aus einer verdünnten Lösung einen relativ größeren prozentualen Anteil von leicht löslichen Ionen aufnehmen können als aus einer konzentrierteren. *A. Rippel*[3] prüfte in Wasserkulturen neben der Nährstoffaufnahme auch sämtliche anderen Veränderungen im Ernährungssystem, vor allem das Zurücktreten von Ionen aus der Pflanze in die Nährlösung und Verschiebungen von Stoffen innerhalb der Pflanze.

Der vorliegende Versuch soll weitere Unterlagen über die Wirkung bestimmter Kationen und Anionen auf das Pflanzenwachstum erbringen. Wählt man als Wachstumsmedium ungedüngten Quarzsand, der zu fast 100% aus Kieselsäure besteht, so sind die Einflüsse ernährender Bestandteile gering; dazu ist es zweckmäßig, Versuchspflanzen zu verwenden, die schon im Muttersamen einen beachtlichen Nährstoffvorrat enthalten, um während einer gewissen Zeit eine normale Entwicklung zu sichern. Allerdings ist dann ein unter diesen einseitigen Wachstumsbedingungen ausgeführter Vegetationsversuch nach Verlauf der ersten Zeit als Mangelversuch zu werten, und es würden sich Wachstumsbeobachtungen eigentlich nur auf den Jugendzustand erstrecken dürfen.

Als Versuchspflanzen dienten Feuerbohne (Phaseolus multiflorus), Buschbohne (Phaseolus vulgaris) und die Kartoffel „Marschall Hindenburg" (Originalsaatgut aus dem Zuchtgarten der von Kameckeschen Saatzuchtwirtschaft zu Streckenthin, Bez. Köslin). Beim Auswählen der Muttersamen und Knollen wurde auf einwandfreies, gesundes Aussehen und auf annähernd gleiche Größe besonderer Wert gelegt.

Buschbohne (Phaseolus vulgaris) enthielt:

Trockensubstanz	Wasser	Asche
90,38%	9,62%	4,13%

	% der Reinasche	% der Trockensubstanz
SiO_2	1,49	0,08
P_2O_5	19,85	0,82
K_2O	43,10	1,78
Na_2O	3,39	0,14
CaO	4,35	0,18
N	—	3,61

und besaß lufttrocken ein Durchschnittsgewicht von 0,403 g, entsprechend 0,364 g Trockensubstanz je Stück. Im Gefäß wurden 10 Bohnen ausgelegt, mithin an Nährstoffen: 131,5 mg N, 29,9 mg P_2O_5, 64,8 mg K_2O, 6,6 mg CaO, 5,1 mg Na_2O.

Die benutzten Quarzsandsorten enthalten je Kilogramm folgende Nährstoffe:

	Hohenbocka fein (mg)	Bayern mittel (mg)	Bayern grob (mg)
K_2O	15—20	20	20
Na_2O	68	136—200*	84—100*
CaO	75—100	70—150*	90—100*

* Schwankungen zwischen ausgewaschen und unausgewaschen.

Ich beabsichtigte zu untersuchen, wie sich die Kationen K und Na den Versuchspflanzen gegenüber verhalten, ferner, welche Wirkungen der Stickstoff auslöst, der als Kation (Ammoniak) und als Anion (Nitrat) gegeben wurde, sowie, ob die Halogene Chlor und Brom, die sich chemisch in ihrer Wirkungsweise als Anionen bekanntlich sehr ähnlich sind, auch bei den physiologischen Vorgängen des Wachstums der Pflanze ähnliche Wirkungen auszuüben vermögen (Tab. 1).

Tabelle 1. *Versuchsplan für alle 3 Pflanzen.*

Wirksames Kation oder Anion	Salzform	Bohnen 20 Mä* = g Salz je Gefäß	Kartoffeln 40 Mä* = g Salz je Gefäß	Bohnen	
				Kationgabe je Gefäß g	Aniongabe je Gefäß g
$K^{\cdot}$	K_2SO_4	1,744	3,488	0,782 K	·
	$KHCO_3$	2,002	4,004		
	$K_2(COO)_2$	1,662	3,324		
$Na^{\cdot}$	$Na_2SO_4 + 10\ H_2O$	3,222	6,444	0,460 Na	·
	$NaHCO_3$	1,680	3,360		
	$Na_2(COO)_2$	1,340	2,680		
$NH_4^{\cdot}$	$(NH_4)_2SO_4$	1,320	2,640	0,360 NH_4	·
	$(NH_4)_2(COO)_2$	1,240	2,480		
Cl'	$CaCl_2 + 6\ H_2O$	2,192	4,384		0,709 Cl
	$MgCl_2 + 6\ H_2O$	2,034	4,068	·	
	$NaCl$	1,170	2,340		
	NH_4Cl	1,070	2,140		
Br'	$CaBr_2 + 6\ H_2O$	3,080	6,160	·	1,599 Br
	$MgBr_2$	1,840	3,680		
	$NaBr + 2\ H_2O$	2,780	5,560		
	NH_4Br	1,960	3,920		
NO_3'	$Ca(NO_3)_2$	1,640	3,280	·	1,240 NO_3
	$Mg(NO_3)_2$	2,564	5,128		
	$NaNO_3$	1,700	3,400		
	NH_4NO_3	1,600	3,200		

I. Versuchsmethodik.

Beide Bohnenarten erhielten je Gefäß 20 Milliäquivalente, bezogen auf das wirksame Kation oder Anion, die Kartoffeln die doppelte Menge. Jede Salzreihe umfaßte 3 Parallelgefäße, je eine Reihe mit 3 Gefäßen bei Bohnen und 6 bei Kartoffeln blieb als „Normalreihe" ohne Salzgabe. Für Bohnenarten dienten als Kulturgefäße je 63 Zinkgefäße von 23 cm Höhe und 18 cm Durchmesser. Die innere Wandung der Gefäße und die Durchlüftungseinsätze waren sorgfältig gereinigt und mit Asphaltlack überzogen. Die Gefäße für Bohnen wurden zunächst durch etwa 2 kg groben, reinen Quarzsand (Korngröße im Durchmesser 2 mm), in welchem die U-förmige Durchlüftungseinlage eingebettet lag, auf gleiches

* Milliäquivalente.

Gewicht gebracht und darauf mit 9 kg feinem Hohenbockaer Quarzsand (Korngröße im Durchmesser 0,3 mm) gefüllt. Die Salzgabe wurde mit 8 kg Sand gemischt, das restliche Kilogramm diente als Deckschicht. Bei Kartoffeln wurden 66 größere Gefäße aus demselben Material verwandt, die bei gleichem Durchmesser eine Höhe von 30 cm besaßen. Füllmasse 13 kg Hohenbockaer Sand, zum Austarieren und als Bodenschicht 4 kg grober Sand. Die Wasserversorgung erfolgte in den Morgen- und frühen Vormittagsstunden. Aussaat von je 11 Stück Feuerbohnen am 6. V. Nach 7 Wochen wurden die Feuerbohnen geerntet. Da die Pflanzen innerhalb der einzelnen Versuchsreihen zum Teil recht große Unstimmigkeiten aufwiesen, wurde von einer eingehenderen analytischen Auswertung dieses Versuches abgesehen.

Der sich unmittelbar anschließende Versuch mit Buschbohnen wurde in gleicher Weise ausgeführt. Aussaat am 29. VI. Nach 4 Wochen erhielten die Pflanzen eine Zusatznährstoffgabe von 0,3 g Diammonphosphat je Gefäß in 25 ccm destilliertem Wasser. Es wurden infolge auffälliger Erscheinungen am Blattgefüge während des Wachstums Messungen der Blattfläche vorgenommen. Mitte September wurde der Buschbohnenversuch geerntet, die Trockenmasse der Stengel und Blätter, der Wurzeln und Früchte getrennt je Versuchsreihe festgestellt und das gesamte Pflanzenmaterial analysiert.

Von den Kartoffeln wurden am 23. V. 3 Knollen je Gefäß 5—6 cm tief ausgelegt. Anfang August, als die Vorräte der Mutterknolle im wesentlichen zu wirken aufgehört hatten, wurde je Gefäß 0,3 g Kaliumnitrat und 0,3 g Diammonphosphat in 50 ccm Wasser zugegeben. Die Ernte erfolgte Mitte September.

II. Beobachtungen.

Beide Bohnenarten entfalteten 3—4 Tage nach der Aussaat die Kotyledonen. Eine Beschleunigung des Keimungsvorganges durch eines der zugeführten Salze wurde nicht festgestellt.

1. Einfluß der Bromsalze auf die Versuchspflanzen.

Ein gemeinsames Merkmal der Bromsalzreihen war die auffallend hellgrüne Farbe der Blätter, die bei allen 3 Versuchspflanzen in Erscheinung trat. Während beide Bohnenarten unter der Einwirkung des Ammonbromids ganz besonders litten, zeigten die Kartoffelpflanzen in dieser Versuchsreihe ein zufriedenstellendes Wachstum. Das Blattgrün war hier, wohl infolge von Stickstoffwirkung, normal dunkelgrün (vgl. Tab. 2, 3 und 7a) und der Trockensubstanzertrag an Stengeln und Blättern besaß den höchsten Wert aller Bromreihen überhaupt. Die Buschbohnen zeigten unter dem Einfluß aller 4 Bromsalze eine überaus zarte Struktur ihrer Stengel und auffallend geringe Größe der Blätter, auch die Feinheit des Blattgefüges kennzeichnete die Pflanzen dieser Versuchsreihen. Die Entwicklung der besonders zarten, dünnen Wurzelfasern blieb kümmerlich; sie waren geschwärzt. Ihre Trockenmasse war nicht festzustellen. Entsprechend den Wachstumsbeobachtungen wies die Magnesiumbromidreihe den relativ höchsten, die Ammonbromidreihe den geringsten Trockensubstanzertrag auf.

2. Schätzung der Laubfarbe bei den Kartoffelstauden und Bericht über die Wachstumshöhe dieser Stauden.

Sehr günstig wirkte sich der Nitratstickstoff auf die Kartoffelpflanzen aus. Die Stauden dieser Reihen hatten kräftigstes Aussehen und größte Wachstumshöhe. Messungen am 30. VI. und 7. VII. (Tab. 2) zeigten, daß auch alle Kartoffelpflanzen, die Stickstoff als Ammonium erhalten hatten, sich durch gutes, frisches

Tabelle 2. *Wachstumshöhe der Kartoffelstauden am 30. VI. und 7. VII. (in Zentimetern).*

Versuchsreihe	Messung		Versuchsreihe	Messung		Versuchsreihe	Messung	
	30. VI.	7. VII.		30. VI.	7. VII.		30. VI.	7. VII.
Normal	12	15	$CaCl_2$	14	16	$Ca(NO_3)_2$	27	35
K_2SO_4	12	16	$MgCl_2$	14	17	$Mg(NO_3)_2$	27	35
$KHCO_3$	16	19	NaCl	13	15	$NaNO_3$	24	32
$K_2(COO)_2$	14	19	NH_4Cl	19	24	NH_4NO_3	28	39
Na_2SO_4	14	18	$CaBr_2$	15	19			
$NaHCO_3$	13	18	$MgBr_2$	16	20			
$Na_2(COO)_2$	17	22	NaBr	12	17			
$(NH_4)_2SO_4$	22	28	NH_4Br	17	25			
$(NH_4)_2(COO)_2$	27	34						

Wachstum auszeichneten, ganz im Gegensatz zu den beiden Bohnenarten, die unter der Wirkung der Ammonsalze sichtlich litten. Hinsichtlich der Blattfarbe waren Mitte Juli bei übersichtlicher Betrachtung des gesamten Kartoffelpflanzenmateriales 2 extreme Farbtonstufen zu erkennen, eine tief dunkelgrüne, die den Nitratreihen zukam und eine gelbgrüne, welche die Bromsalzreihen, mit Ausnahme der Ammonbromidreihe, kennzeichnete. Dazwischen konnte der Farbton aller übrigen Reihen eingeordnet werden (Tab. 3).

Tabelle 3. *Schätzung der Laubfarbe bei den Kartoffelstauden, ausgeführt Mitte Juli.*

Versuchsreihe	Farbe	Versuchsreihe	Farbe	Versuchsreihe	Farbe
NH_4NO_3	tief-dunkelgrün	K_2SO_4	frischgrün	$CaBr_2$	gelbgrün
$NaNO_3$		$KHCO_3$		$MgBr_2$	
$Mg(NO_3)_2$		$K_2(COO)_2$		NaBr	
$Ca(NO)_3)_2$		Na_2SO_4			
		$NaHCO_3$			
$(NH_4)_2SO_4$	dunkelgrün	$Na_2(COO)_2$			
$(NH_4)_2(COO)_2$					
Normal		$MgCl_2$	hellgrün		
NH_4Br		$CaCl_2$			
NH_4Cl		NaCl			

3. Messung der Blattfläche der Buschbohnen-Pflanzen.

Die zur Untersuchung herangezogenen Kalisalze haben auf die Bohnenpflanzen einen recht günstigen Einfluß ausgeübt. Diese zeigen in den Kalireihen gesundes Aussehen und keinerlei auffällige Erscheinungen am Blattgefüge und an den Stengeln, auch die Farbe des Blattgrüns deutet auf keine Schädigungen hin. Ein besonders üppiges Wachstum zeichnete die Bohnenpflanzen der Bicarbonat- und Oxalatreihe aus; auch in den entsprechenden Natriumsalzreihen zeigt sich eine relativ günstigere Wirkung des Bicarbonats und Oxalats.

Von den Buschbohnenpflanzen wies besonders die Calciumchloridreihe eine auffallend pralle Blattoberfläche auf, die einen höheren Turgordruck innerhalb der Zellen vermuten ließ. Es wurde versucht, diese Erscheinungen noch während des günstigsten Wachstums durch Messung der Blattflächen und Bestimmung der Trockensubstanz der Blätter festzuhalten. Aus allen Versuchsreihen, mit Ausnahme der Bromsalzreihen, wurden nach etwa 3 wöchiger Wachstumszeit

4 Pflanzen je Reihe entfernt, und die Blätter auf Ozalidpapier in ihrer wahren Größe abgebildet. Sie wurden dann mit den Stengelteilen bis zur sofortigen Verarbeitung luftdicht aufbewahrt. Festgestellt wurde der Trockensubstanzgehalt der Blätter, sowie der Anteil der Stengelteile an Nitratstickstoff. Die Flächenausdehnung der Bohnenblätter wurde mittels eines Planimeters aus der Ozalidpause ermittelt. In Tab. 4 kommt zum Ausdruck, daß gerade in den Reihen, die unter der Wirkung des Anions Cl standen, der prozentische Wassergehalt der frischen untersuchten Blätter ein hoher ist. Zweifellos handelt es sich hier um eine Wirkung des Anions Cl. Leider liegen nicht auch mikroskopische Befunde vor, die über die Beschaffenheit des Zellgewebes der Blätter in diesen Chlorreihen hätten Aufschluß geben können. *Kisser*[4] konnte feststellen, daß Kalisalze die Wasseraufnahme stark erhöhen, die Wasserabgabe jedoch sehr herabsetzen. Der Wasserhaushalt der Pflanze sei bei Vorhandensein von Kalium demnach der denkbar beste, ganz im Gegensatz zum Calcium, das sich gerade umgekehrt verhalte.

Tabelle 4.

Versuchsreihe	Blattflächen (3 Woch. alt) Durchschnitt aus je 4 Messgn. qcm	Wahrscheinliche Schwankung des Mittels	Frischgewicht der Blätter von 4 Pflanzen g	Trockengewicht dieser Blattmasse g	Trockensubstanz %	Wassergehalt %	Verhältnis von Blattfläche : Trockensubstanz
Normal	77,9	± 8,25	5,791	1,042	17,99	82,11	75:1
K_2SO_4	83,0	± 7,82	6,991	1,203	17,21	82,79	69:1
$KHCO_3$	96,0	± 7,76	8,706	1,228	14,11	85,89	78:1
$K_2(COO)_2$	79,5	± 3,83	7,060	1,239	17,15	82,85	64:1
Na_2SO_4	77,0	± 6,82	7,161	1,160	16,20	83,80	66:1
$NaHCO_3$	66,9	± 5,23	5,403	1,063	19,67	80,33	63:1
$Na_2(COO)_2$	69,5	± 3,26	5,489	1,037	18,89	81,11	67:1
$(NH_4)_2SO_4$	82,1	± 3,33	8,241	1,332	16,16	83,84	62:1
$(NH_4)_2(COO)_2$	60,8	± 2,87	5,281	0,904	17,12	82,88	67:1
$CaCl_2$	71,9	± 0,97	7,971	0,900	11,29	88,71	80:1
$MgCl_2$	103,2	± 3,12	10,108	1,153	11,40	88,60	89:1
NaCl	97,8	± 5,64	9,885	1,194	12,08	87,92	82:1
NH_4Cl	60,6	± 2,36	6,321	0,873	13,81	86,19	69:1
$Ca(NO_3)_2$	82,2	± 2,10	7,187	1,097	15,26	84,74	75:1
$Mg(NO_3)_2$	89,2	± 2,79	7,682	1,337	17,40	82,60	67:1
$NaNO_3$	97,6	± 2,88	8,017	1,364	17,01	82,99	72:1
NH_4NO_3	81,5	± 4,33	7,178	1,216	16,94	83,06	67:1

Ferner sei in diesem Zusammenhange darauf hingewiesen, daß nach *P. Wagner*[5] bei Kartoffeln eine starke Kalisalzdüngung den Gehalt an Trockensubstanz um so mehr verminderte, je reicher das Kalisalz an Chlorverbindungen war. Auch *W. Fischer*[6] beobachtete bei Buchweizen und Spörgel, daß mit Kali versorgte Versuchspflanzen im Vergleich mit solchen ohne Kalidüngung immer einen beträchtlich höheren Wassergehalt aufwiesen. *Fischer* nimmt an, der Zellsaft habe für jede Pflanzenart eine bestimmte, ihr eigentümliche Salzkonzentration; wenn aber die Pflanze durch Darbietung überreicher Salzmengen gezwungen werde, mehr davon aufzunehmen, als dieser normalen Konzentration entspricht, so führe sie einen Ausgleich herbei durch erhöhte Wasserzurückhaltung, wodurch dann die Endkonzentration des Zellsaftes die gleiche bleibt.

4. Nitratnachweis im Pflanzengerüst der Buschbohnen.

Die Stengel der zum Zwecke der Blattflächenmessung geernteten Buschbohnenpflanzen wurden mittels Diphenylaminschwefelsäure auf Nitrat untersucht. Der Einwand, daß Nitrite und Oxydationsmittel mit diesem Reagens die gleiche Blaufärbung ergeben, kann bei der Untersuchung von lebendem Pflanzenmaterial kaum aufrechterhalten werden. Benutzt wurden Krystallisierschalen, deren Boden durch einige Tropfen 0,1 g Diphenylamin in 100 ccm reiner konzentrierter Schwefelsäure benetzt war. Hierin wurden die Schnitte der Einwirkung des Reagenses ausgesetzt. Schon makroskopisch ließ sich, wenn die Pflanzenwunde mit der Reaktionslösung in Berührung kam, der hauptsächliche Sitz des Nitrates feststellen. Unter dem Mikroskop konnte man bei mittlerer Vergrößerung deutlich die Einwirkung des Reagenses verfolgen. Ich teilte kurz vor der Untersuchung die Stengel der Buschbohnen in 6 Teile (Tab. 5). Bei der Beurteilung des Gehaltes bediente ich mich des von *Niklas* und *Grandel*[7] für diesen Zweck aufgestellten Notensystems (1—3 viel Nitrat, 4—6 mittelmäßige Reaktion, 7—8 Spuren bis keine Reaktion).

Tabelle 5. *Nachweis des Nitrat-Stickstoffes im Gerüst der Buschbohnenpflanze.*

Versuchsreihe	Hauptstengel bis zur Höhe des ersten Blattpaares	Basis der Stiele des ersten Blattpaares	Stiele des ersten Blattpaares	Hauptsteng. oberhalb des ersten Blattpaares	Stiel des 3teiligen Blattes	Blattknospe im Scheitelpunkt des 3teiligen Blattes
K_2SO_4	·	5	·	4	5	·
$KHCO_3$	·	·	6	·	7	·
$K_2(COO)_2$	·	6	6	·	7	·
Na_2SO_4	·	6	4	6	7	·
$Na_2(COO)_2$	·	·	6	·	7	·
$(NH_4)_2(COO)_2$	·	6	6	·	7	·
$CaCl_2$	·	4	6	7	7	7
$MgCl_2$	6	6	6	7	7	·
NaCl	6	4	·	3	5	7
NH_4Cl	·	7	7	·	7	·
$Ca(NO_3)_2$	·	1	1	2	2	3
$Mg(NO_3)_2$	6	1	1	2	3	3
$NaNO_3$	·	3	3	1	2	3
NH_4NO_3	·	4	4	2	3	3

Der Nitratstickstoff wurde nicht nur im Stengelgerüst derjenigen Pflanzen nachgewiesen, die ihn in Salzform erhalten hatten, sondern auch in einigen anderen Reihen. In den Pflanzen der Magnesiumchlorid- und Magnesiumnitrat- sowie in der Natriumchloridreihe war im Gegensatz zu allen übrigen Reihen Nitrat im Hauptstengel bereits unterhalb des Ausgangspunktes des ersten Blattpaares, wenn auch nur in mäßiger Menge, zu finden. Man kann annehmen, daß der Ammoniakstickstoff der Diammonphosphatgabe, die ja alle Versuchsgefäße erhalten hatten, schon im Sande der Gefäße durch nitratbildende Bakterien umgewandelt worden ist und dann in dieser Form aufgenommen wurde.

Der Sand hat dabei vermutlich Natron und andere Basen abgegeben und auf diese Weise zur Aufrechterhaltung des Ionengleichgewichts beigetragen.

Es fiel auf, daß das Nitrat vornehmlich im Hauptstengel oberhalb des Ansatzpunktes des ersten Blattpaares zu finden war, während in den Blattstielen der Gehalt an Nitrat vom Hauptstengel aus nach den Blättern hin abnahm. Die Blätter bilden eben vorwiegend den Ort, wo das durch die Wurzeln aufgenommene Nitrat umgewandelt und zu Eiweißstoffen verarbeitet wird. Es werden vom Hauptstengel aus immer neue Mengen von Nitrat den Blättern zuströmen. Der Nitratvorrat wird sich infolgedessen nach der Höhe zu mehr und mehr erschöpfen. Eine Verarmung an Nitrat in der Pflanzenspitze ist an solchen Individuen deutlich wahrnehmbar, die den Nitratstickstoff nicht direkt erhalten hatten, aber auch in den Nitratreihen macht sich eine, wenn auch geringe Abnahme bemerkbar. Das Nitrat scheint an den Stellen im pflanzlichen Organismus, an denen sich z. B. Zucker befindet, als solches bei Licht nicht bestehen zu können (*O. Warburg* und *E. Negelein*[8]).

Fernerhin war es beachtenswert, daß die Pflanzen, die den Stickstoff in Form von Ammoniak erhalten hatten, wenig oder gar kein Nitrat enthielten, und selbst bei den Versuchen mit Ammonnitrat eine Verringerung des Nitratgehalts zu verzeichnen war. Das entspricht der seit *O. Pitsch*[9] bekannten Tatsache, daß die Pflanzen auch Ammoniumverbindungen aufnehmen und deckt sich mit der Ansicht von *D. N. Prjanischnikow*[10], wonach diese unter Umständen eine günstigere Stickstoffversorgung unserer Pflanzen bewirken. Auch *Niklas* und *Grandel* (a. a. O.) fanden, daß mit Ammoniak gedüngte Pflanzen sich beim colorimetrischen Nitratnachweis durch schwache Reaktion auszeichneten.

5. Wirkung des Ammoniums auf die Versuchspflanzen.

Sämtliche Ammonsalze wirkten günstig auf das Gedeihen der Kartoffeln, diese scheinen, wie auch *Wohltmann* vor Jahren behauptete, besonders befähigt zu sein, den Stickstoff aus den Ammonsalzen zu verarbeiten. Wahrscheinlich steht dieses Verhalten im engsten Zusammenhang mit dem reichen Vorrat an Kohlenhydraten. Gegensätzlich war die Wirkung der Ammonsalze auf die Feuer- und Buschbohnen. Ungefähr 14 Tage nach der Entfaltung der jungen Pflanze begann besonders bei der Ammonchlorid- und -sulfatreihe eine allmählich fortschreitende Aufhellung des Blattgrüns am ersten Blattpaare. Ein derartiges Blatt sah marmoriert aus, und das unversehrte frische Blattgrün beschränkte sich meist auf die unmittelbare Umgebung der Hauptnerven. Die Blätter blieben frisch und machten keinesfalls den Ein-

druck des Welkens. Die Zusatzgabe von Diammonphosphat blieb ohne Einfluß.

III. Trockensubstanzbestimmung (Buschbohnen).

Die Ernte der Buschbohnenpflanzen erfolgte getrennt nach Stengeln und Blättern, Wurzeln und Früchten. Für die Stengel und Blätter wurden die Werte der Trockenmasse je Gefäß ermittelt und die dazugehörigen Schwankungen festgestellt (Tab. 6a). Der höchste Ertrag findet sich bei der *Kaligruppe*. Die Pflanzen der Bicarbonat- und Oxalatreihe stehen im Gesamtertrage auf nahezu gleicher Stufe. Auch in der *Natrium*gruppe weisen die Pflanzen der Oxalatreihe den höchsten Gesamtertrag auf. Allerdings sind die Erträge an sich in dieser Gruppe bedeutend geringer als die der entsprechenden Kalisalzreihen. Im Gegensatz zur Kaligruppe, in der ein starkes Anwachsen des Gesamtertrages durch das Bicarbonat und Oxalat gegenüber dem Sulfat festgestellt werden konnte, ist in der Wirkung der entsprechenden Natriumsalze eine gewisse Einheitlichkeit zu erkennen. Forscht man in der Natriumgruppe, einschließlich der Natriumchlorid- und Natriumnitratreihe, der Verteilung der Trockensubstanz auf Stengel und Blätter, Wurzeln und Früchte nach, so erreichen in dieser Gruppe z. B. die mit Nitrat versorgten Pflanzen den höchsten Ertrag an Stengeln und Blättern während die Erzeugung von Früchten und Wurzelmasse erheblich zurückblieb.

Tabelle 6a. *Trockensubstanzbestimmung bei Buschbohnen.*

Salzform	Wirksames Kation oder Anion	Trockenmasse in Gramm				
		Stengel und Blätter		Früchte	Wurzeln	Gesamtgewicht
„Normal"	·	16,0	± 0,04	2,5	8,0	26,5
K_2SO_4	$K^{\cdot}$	22,8	± 1,07	7,5	10,1	40,4
$KHCO_3$		30,5	± 1,20	16,2	13,5	60,2
$K_2(COO)_2$		30,6	± 0,97	14,8	15,9	61,3
Na_2SO_4	$Na^{\cdot}$	15,6	± 0,70	4,1	9,9	29,6
$NaHCO_3$		14,5	± 0,70	7,3	9,1	30,9
$Na_2(COO)_2$		18,4	± 0,73	5,8	9,3	33,5
$(NH_4)_2SO_4$	$NH_4^{\cdot}$	11,6	± 0,34	0,7	6,0	18,3
$(NH_4)_2(COO)_2$		20,5	± 0,67	5,2	11,3	37,0
$CaCl_2$	Cl'	16,8	± 0,57	3,1	8,7	28,6
$MgCl_2$		21,2	± 1,13	7,7	9,6	38,5
$NaCl$		17,9	± 0,44	4,0	9,4	31,3
NH_4Cl		8,2	± 0,50	·	3,2	11,4
4 Bromsalze	Br'	43,3	·	·	·	·
$Ca(NO_3)_2$	NO_3'	25,1	± 0,70	4,6	13,1	42,8
$Mg(NO_3)_2$		28,3	± 1,04	7,6	11,2	47,1
$NaNO_3$		20,0	± 0,40	1,4	7,5	28,9
NH_4NO_3		22,0	± 0,34	3,0	8,5	33,5

Tabelle 6b.

Trockensubstanzerträge bei Buschbohnen in Beziehung zur „Normalreihe" = 100.

Versuchsreihe	Stengel und Blätter	Früchte	Wurzeln
„Normal"	100	100	100
K_2SO_4	143	300	126
$KHCO_3$	191	648 (!)	169
$K_2(COO)_2$	191	592 (!)	199
Na_2SO_4	98	164	124
$NaHCO_3$	91	292 (!)	114
$Na_2(COO)_2$	115	232 (!)	116
$(NH_4)_2SO_4$	73	28	75
$(NH_4)_2(COO)_2$	128	208 (!)	141
$CaCl_2$	105	124	109
$MgCl_2$	133	308 (!)	120
$NaCl$	112	160	118
NH_4Cl	51		40
$Ca(NO_3)_2$	157	184	164
$Mg(NO_3)_2$	177	304 (!)	140
$NaNO_3$	125	56	94
NH_4NO_3	138	120	106

Die höchsten Erträge in der *Ammonium*-Gruppe werden bei Zugabe von Oxalat und Nitrat erreicht, während der Fruchtansatz bei der Sulfatgabe gering und bei Ammonchlorid überhaupt nicht vorhanden war. Es ist wahrscheinlich, daß eine sauere Reaktion die primäre Ursache für die Wachstumshemmung der Buschbohnenpflanzen in diesen beiden Versuchsreihen war, jedoch ließ die Art der Versuchsanstellung dies nicht erkennen.

Die Aniongruppen *Chlor* und *Nitrat* haben mit dem Kation Magnesium die höchsten Erträge in diesen Versuchsreihen bewirkt. Das Magnesium scheint bei der Fruchtbildung eine besondere physiologische Bedeutung zu haben, hat aber auch als Bestandteil des Chlorophylls sehr günstig auf die physiologischen Vorgänge im Gesamtorganismus der Buschbohnenpflanzen eingewirkt.

Willstätter[11] schreibt diesem Element eine Mitwirkung bei der Aufnahme und Umwandlung der Kohlensäure und des Wassers in Kohlenhydrate zu. Sonst beobachtete man teils günstige, teils schädliche Einflüsse der Magnesiumsalze (*D. Meyer*[12], *O. Nolte*[13], *W. Schneidewind*[14]). *O. Loews*[15] Ansicht, daß das Magnesium phosphat dazu dient, die Phosphorsäure in die Nucleoproteide des Zellkernes einzuführen ist sehr umstritten. *F. Ehrlich*[16] hat in jüngster Zeit u. a. ein Calcium-Magnesiumsalz der Pektinsäure isoliert, das wohl beim Aufbau des Zellgerüstes eine Rolle spielen kann. Hohe Wurzelerträge konnten in der Magnesiumnitrat- und besonders in der Magnesiumchloridreihe festgestellt werden (vgl. auch *O. Loew* und *F. Merkenschlager*[17]).

Setzt man die Werte der in der „Normalreihe" erzeugten Trockenmasse (Stengel und Blätter, Früchte und Wurzeln) gleich 100 (Tab. 6b), so wäre freilich bei dieser Art der Betrachtung zu erwägen, ob man berechtigt ist, jene Pflanzen als unter normalen Verhältnissen wachsende zu bezeichnen. Der Einwand verliert wohl dadurch etwas an Bedeutung, daß der Versuch gezeigt hat, daß die Pflanzen in dieser „Normalreihe" sich bis zur Ernte am Leben hielten, ohne ein krankhaftes Aussehen zu zeigen.

In der *Kation-Gruppe K* tritt bei dieser Betrachtungsweise die überragend günstige Wirkung des Bicarbonats und Oxalats, die sich namentlich im Fruchtertrag ausprägt, deutlich in Erscheinung. In der *Natrium-Gruppe* ist bei den Pflanzen aller Reihen, einschließlich der Natriumchlorid- und -nitratreihe die Wurzelentwicklung annähernd die gleiche. Der Fruchtertrag ist, entsprechend der Kali-Gruppe, durch Bicarbonat und Oxalat besonders günstig beeinflußt worden. Es scheint, was auch noch für das Ammoniumoxalat zutrifft, als wenn die nach der alkalischen Seite hin reagierenden bzw. bei der Aufnahme durch die Pflanze mit alkalischer Reaktion auftretenden Alkalisalze auf die Fruchtbildung fördernd einzuwirken vermögen. Man muß dabei bedenken, daß bei meiner Versuchsanordnung der benutzte Sand keinen kohlensauren Kalk enthielt, so daß eine Umsetzung der verabfolgten Salze starker Säuren zu Carbonaten nicht erfolgen konnte. *Ammoniumchlorid* und *Ammoniumsulfat* mögen physiologisch sauer gewirkt und so Schäden veranlaßt haben, wobei noch der Kalimangel hinzukam, während das *Ammoniumnitrat*, obwohl es ja auch zunächst schwach physiologisch sauer wirkt, das Wachstum zu fördern scheint. Die *Chlor-Gruppe* zeigt in allen Parallelreihen (mit Ausnahme der Ammoniumchloridreihe) eine geringe Steigerung des Pflanzenwachstums gegenüber „Normal". In der *Nitrat-Gruppe* weicht die Natriumsalzreihe durch Mindererträge an Früchten und Wurzeln von den Parallelreihen ab. Die auffallend günstige Wirkung des Magnesiumnitrats und -chlorids auf den Fruchtansatz ist zweifellos auf das in diesen Salzen vorhandene Magnesium zurückzuführen.

Trockensubstanzbestimmung (Kartoffeln).

Zur Bestimmung der Trockensubstanz der Wurzeln des Kartoffelversuchs wurden die Parallelgefäße vereinigt, während bei Blättern und Stengeln und auch bei den Knollen durch getrennte Feststellung der Erntemasse je Gefäß die Schwankungen innerhalb einer Versuchsreihe ermittelt werden konnten (Tab. 7a). Die höchsten Erträge hat die *Nitrat-Gruppe* hervorgebracht, und innerhalb dieser Gruppe steht das Ammoniumsalz an erster Stelle. Die sonstigen Unterschiede sind gering, die Wurzelerträge vollkommen einheitlich. Alle *Ammoniumsalze* haben das Wachstum der Kartoffelpflanzen günstig beeinflußt,

Tabelle 7a. *Trockensubstanzbestimmung bei Kartoffeln.*

Salzform	Wirksames Kation oder Anion	Trockenmasse in Gramm						Wassergehalt d. Knollen in %
		Stengel und Blätter		Wurzeln	Knollen		Gesamtgewicht	
„Normal"	·	23,5	± 0,9	23.0	68,4	± 4,2	114,8	76,0
K_2SO_4	$K^·$	23,3	± 0,5	20,8	85,1	± 4,4	129,2	76,6
$KHCO_3$		23,9	± 0,8	18,9	79,5	± 0,7	122,3	76,6
$K_2(COO)_2$		21,9	± 1,0	14,3	71,3	± 2,8	107,5	75,8
Na_2SO_4	$Na^·$	25,2	± 0,8	14,7	77,7	± 10,2	117,6	74,2
$NaHCO_3$		30,9	± 2,9	18,6	56,3	± 7,5	105,8	77,6
$Na_2(COO)_2$		25,2	± 1,6	19,2	66,0	± 1,1	110,4	76,4
$(NH_4)_2SO_4$	$NH_4^·$	45,4	± 1,6	15,9	117,9	± 4,5	179,2	74,9
$(NH_4)_2(COO)_2$		38,4	± 1,0	19,4	135,5	± 4,3	193,3	75,2
$CaCl_2$	Cl'	21,6	± 0,8	18,5	113,9	± 7,4	154,0	75,4
$MgCl_2$		22,4	± 1,2	16,3	108,0	± 7,8	146,7	74,7
$NaCl$		21,3	± 0,4	18,0	94,2	± 2,4	133,5	73,9
NH_4Cl		46,4	± 1,8	11,0	87,0	± 4,7	144,4	76,6
$CaBr_2$	Br'	35,3	± 0,6	13,1	42,9	± 3,8	91,3	77,2
$MgBr_2$		28,8	± 0,3	14,7	77,9	± 3,9	121,4	75,0
$NaBr$		26,4	± 0,4	12,1	39,7	± 3,7	78,2	78,5
NH_4Br		52,4	± 0,9	11,4	56,7	± 6,4	120,5	77,6
$Ca(NO_3)_2$	NO_3'	47,7	± 0,6	26,6	172,2	± 1,5	246,5	72,9
$Mg(NO_3)_2$		53,1	± 1,6	25,5	157,1	± 5,9	235,7	73,2
$NaNO_3$		48,0	± 1,4	26,2	153,3	± 6,0	227,5	73,0
NH_4NO_3		66,5	± 1,0	25,9	213,8	± 4,8	306,2	74,5

selbst das Bromid hat einen Gesamtertrag aufzuweisen, der an die Ertragszahlen der Alkaligruppen heranreicht und eine Blatt- und Stengelmasse, die nach dem Ammonnitrat die höchste ist. Bei der Erzeugung von Knollen tritt die Wirkung des Ammonsalzes gegenüber den Parallelreihen in der Chlor-Gruppe etwas zurück. Innerhalb der Brom-Gruppe steht der Knollenertrag, den das Ammoniumsalz hervorgebracht hat, zwischen dem des Magnesium- und Calciumsalzes. Das Wurzelwachstum ist beim Ammonchlorid und -bromid gehemmt. Das *Chlor* hat auf die Kartoffelpflanzen in allen 4 Versuchsreihen nicht ungünstig eingewirkt. Eine erhebliche Steigerung des Ertrages durch das Magnesiumsalz, wie sie der Buschbohnenversuch gezeigt hatte, tritt bei der Kartoffel nicht in Erscheinung. Den höchsten Ertrag in der Chlor-Gruppe hat das Calciumsalz hervorzubringen vermocht. Während die Buschbohnen unter dem Einfluß der *Bromsalze* langsam eingingen, konnten an den Kartoffelpflanzen keine derart schädigenden Wirkungen, wohl aber gewisse Nachteile beobachtet werden. Das Bromion scheint zwar den Stengelaufbau nicht besonders zu stören, aber irgendwie Chlorophyllgift zu sein und so die Bereitstellung von Kohlenhydraten zum

Tabelle 7b.
Trockensubstanzerträge bei Kartoffeln in Beziehung zur „Normalreihe" = 100.

Versuchsreihe	Stengel und Blätter	Wurzeln	Knollen
„Normal"	100	100	100
K_2SO_4	99	91	124
$KHCO_3$	102	82	116
$K_2(COO)_2$	93	62	104
Na_2SO_4	107	64	114
$NaHCO_3$	132	81	82
$Na_2(COO)_2$	107	84	96
$(NH_4)_2SO_4$	194 (!)	69	172 (!)
$(NH_4)_2(COO)_2$	164 (!)	85	198 (!)
$CaCl_2$	92	81	167
$MgCl_2$	96	71	158
$NaCl$	91	78	138
NH_4Cl	198 (!)	48	127
$CaBr_2$	151	57	63
$MgBr_2$	123	64	114 (!)
$NaBr$	113	53	58
NH_4Br	224 (!)	50	83
$Ca(NO_3)_2$	203	116	252
$Mg(NO_3)_2$	226	111	230
$NaNO_3$	205	114	224
NH_4NO_3	284 (!)	113	313 (!)

Blattaufbau — man denke an die besonders zarten Blätter mit hellgrüner Farbe bei den Brompflanzen — sowie zur Speicherung zu beeinträchtigen. Zu erwähnen wäre, daß die Ausbildung von Knollen in der Brom-Gruppe ganz besonders durch das Magnesiumsalz gefördert worden ist. Daß sich an den Kartoffelpflanzen in der Ammonchlorid- und auch in der -bromidreihe keine Aufhellung des Blattgrüns zeigt, ist als besondere Wirkung des Stickstoffs zu betrachten (vgl. *K. Maiwald*[18]), der auch derart eine äußerlich sichtbare Benachteiligung der Bildung des Chlorophylls durch Chlor und Brom verhinderte.

Die Kartoffelpflanzen weisen in allen Versuchsgruppen, die Nitrat-Gruppe ausgenommen, eine Verminderung der Wurzelsubstanz gegenüber der „Normalreihe" auf (Tab. 7b). Alle 4 Nitratsalze haben beachtliche Mehrerträge hervorgebracht. Den Höchstertrag erzielte Ammoniumnitrat, wofür natürlich besonders die Stickstoffwirkung als Ursache anzusehen ist. Zwischen den beiden Alkali-Gruppen K und Na sind, ganz im Gegensatz zu den Buschbohnen, keine wesentlichen Unterschiede in den Trockensubstanzerträgen zu beobachten. Während bei den Buschbohnen in der Kalium-Gruppe die Bicarbonat- und Oxalatreihe sich von den Parallelreihen durch ihren bedeutend höheren Ertrag

sichtlich abheben, ist hier vielmehr eine Steigerung des Ertrages durch das Sulfat festzustellen. Reaktionsfragen erklären offenbar dieses Verhalten der Kartoffel, die als säuretolerant bekannt ist. Außerdem fehlt gegenüber den Buschbohnen eine stärkere Wirkung des Kaliums als Nährstoff, die bei den Buschbohnen so deutlich erschien, was gerade bei der als „Kali"-Pflanze bekannten Kartoffel erstaunlich erscheint. Doch nach *Heinrich*[19] erheben auch die Leguminosen hohe Ansprüche an ihre Kaliversorgung. In der Natrium-Gruppe zeigt das Sulfat, entsprechend dem Kaliumsulfat, eine beachtliche Erhöhung der Knollenernte. Bei den Chloriden ist die Erhöhung des Knollenertrages gegenüber den Kali- und Natriumreihen zu beachten — das Ammonsalz natürlich ausgenommen —, zumal da der Ertrag an Wurzeln, Stengeln und Blättern unter dem der „Normalreihe" liegt. Offenbar überlagern sich hier verschiedene Wirkungen. Wir konnten oben von einer Hemmung der Assimilationswirkung durch Bromide, aber auch noch durch Chloride sprechen, die durch Stickstoffdüngung wohl gemindert, aber nicht beseitigt worden ist. Andererseits wird bei den Chloriden der Abtransport der Assimilate in die Speicherorgane, unter Umständen sogar auf Kosten der Entwicklung von Stengeln und Blättern, begünstigt. So zeigen in Prozenten der Ernte bei „Normal":

	Trockenmasse an			Trockenmasse an	
	Stengeln u. Blättern	Knollen		Stengeln u. Blättern	Knollen
Na_2SO_4	100	107	$MgBr_2$	100	93
$NaHCO_3$ . . .	100	62	aber		
$Na_2(COO)_2$ . .	100	90	$MgCl_2$	100	165
$NaNO_3$	100	109	und		
aber			$Ca(NO_3)_2$ . . .	100	124
NaCl	100	152	$CaBr_2$	100	42
ebenso			aber		
$Mg(NO_3)_2$ . . .	100	102	$CaCl_2$	100	182

IV. Analytische Ergebnisse.

Stengel und Blätter, Früchte und Wurzeln des Buschbohnenversuchs wurden, mit Ausnahme der Brom-Gruppe, auf CaO und P_2O_5 untersucht. In der Nitrat-Gruppe sowie der Ammonsulfat- und -oxalatreihe wurde ferner der Stickstoffgehalt nach *Kjeldahl* ermittelt, und in den Kalium- und Natriumsalzreihen schließlich noch das während der Vegetationszeit aufgenommene K_2O und Na_2O festgestellt.

CaO ist in der Chlor- und Nitrat-Gruppe von den Buschbohnenpflanzen in großer Menge aufgenommen worden.

Weder die beiden Magnesiumreihen mit ihren hohen Fruchternten, noch die sonstigen Chlorid- und Nitratreihen lassen aber eine besondere

Tabelle 8a.
Prozentgehalt der Trockensubstanz an CaO und CaO-Ernte in Gramm.

Versuchsreihe	Stengel u. Blätter		Früchte		Wurzeln		Insgesamt	
	%	g	%	g	%	g	%	g
$CaCl_2$	5,65	0,949	2,39	0,074	3,05	0,265	4,50	1,288
$MgCl_2$	4,35	0,922	1,04	0,080	2,30	0,221	3,18	1,223
NaCl	2,73	0,489	1,26	0,050	2,30	0,216	2,41	0,755
NH_4Cl	2,81	0,230	·	·	2,60	0,083	2,75	0,313
$Ca(NO_3)_2$	5,75	1,443	1,27	0,058	2,95	0,387	4,41	1,888
$Mg(NO_3)_2$	4,18	1,183	1,13	0,086	1,35	0,152	3,02	1,421
$NaNO_3$	3,62	0,724	2,02	0,028	2,45	0,184	3,24	0,936
NH_4NO_3	4,12	0,906	2,08	0,062	1,61	0,137	3,30	1,105

Abhängigkeit vom Calciumgehalt erkennen. So zeigt die NaCl-Reihe fast ganz die gleiche Fruchternte wie die $Ca(NO_3)_2$-Reihe, obwohl erstere nur 0,755 g Gesamt-CaO besitzt, die andere Reihe aber über die doppelte Menge. Auch die Reihen $CaCl_2$ und $MgCl_2$ weisen nahezu gleiche CaO-Ernten auf, während letztere 10 g mehr Gesamttrockenmasse erbrachte und über doppelt soviel Früchte. Die NaCl-Reihe, die immerhin über 30 g Trockenmasse in der Ernte aufweist, vermochte mit 0,755 g CaO auszukommen, während die $CaCl_2$-Reihe mit 10% geringerer Gesamternte 1,288 g CaO erbrachte. Auch in den Ca-haltigen Reihen deutet keine besondere Anreicherung mit CaO unter gleichzeitiger Steigerung der Trockenmasse darauf hin, daß die CaO-Aufnahme entscheidend gewirkt habe. Bei den höchsten Fruchternten [$MgCl_2$ und $Mg(NO_3)_2$] treten sogar die geringsten prozentischen CaO-Gehalte in den Früchten auf.

Verfolgt man in den beiden Gruppen Chlor und Nitrat weiterhin, welche Rolle die Phosphorsäure in den einzelnen Pflanzenteilen gespielt hat, so ist in den Versuchsreihen mit hoher CaO-Aufnahme, wie in den Calcium- und Magnesiumsalzreihen, der Gehalt an P_2O_5 relativ gering. Es kommt hinzu, daß in den Früchten der prozentische Phosphorsäuregehalt (mit einer Ausnahme) sehr gleichmäßig erscheint und nicht zur Höhe der Ernte an Fruchttrockenmasse in Beziehung steht, auch nicht bei den etwas mehr Phosphorsäure aufweisenden Früchten der $Ca(NO_3)_2$-Reihe. Man kann annehmen, daß entsprechend den größeren aufnehmbar gewordenen und dann auch von den Pflanzen aufgenommenen Kalk- und Magnesiamengen die Löslichkeit der Phosphorsäure und ihre Aufnahme zurückgehen mußte.

Daß eine gewisse Beziehung zwischen Kalk- und Phosphorsäureaufnahme besteht, können wir nicht nur in unseren Magnesiumsalzreihen, sondern auch in anderen Versuchsreihen auf Grund der analytischen Zahlen bestätigt finden. Doch können jedenfalls diese Vorgänge

Tabelle 8b.

Prozentgehalt der Trockensubstanz an P_2O_5 und P_2O_5-Ernte in Gramm.

Versuchsreihe	Stengel u. Blätter		Früchte		Wurzeln		Insgesamt	
	%	g	%	g	%	g	%	g
$CaCl_2$	0,88	0,149	0,67	0,021	0,48	0,043	0,74	0,213
$MgCl_2$	0,90	0,192	0,71	0,055	0,46	0,045	0,75	0,292
NaCl	1,07	0,193	0,71	0,029	0,53	0,050	0,86	0,272
NH_4Cl	1,35	0,111	·	·	0,74	0,024	1,18	0,135
$Ca(NO_3)_2$	0,75	0,190	1,02	0,047	0,41	0,055	0,68	0,292
$Mg(NO_3)_2$	0,54	0,155	0,78	0,060	0,38	0,043	0,54	0,258
$NaNO_3$	0,93	0,188	0,75	0,011	0,61	0,046	0,84	0,245
NH_4NO_3	0,93	0,207	0,75	0,023	0,61	0,052	0,84	0,282

kaum dazu beigetragen haben, daß das Magnesium in den beiden vorliegenden Salzformen einen so günstigen Einfluß auf das Wachstum der Buschbohnenpflanzen und insbesondere auf die Erzeugung von Früchten auszuüben vermochte. Die Blattfläche ist ebenfalls nicht von der Magnesiumgabe entscheidend begünstigt worden. So finden wir: (vgl. Tab. 4): Im Mittel:

$NaNO_3$ . . . . . 97,6 qcm Blattfläche
$Mg(NO_3)_2$ . . . . . 89,2 qcm Blattfläche,

obwohl $NaNO_3$ nur 1,4 g Früchte gegen 7,6 g bei $Mg(NO_3)_2$ aufweist.

Oder:

	Oberfläche in qcm	Fruchternte in g
$NaHCO_3$	66,9	7,3
$MgCl_2$	103,2	7,7

Die Buschbohnen der Ammoniumoxalatreihe zeigen in allen Pflanzenteilen eine relativ hohe CaO-Aufnahme, die sich besonders in den Stengeln und Blättern mit 4,5% der Trockensubstanz ausprägt und der CaO-Aufnahme in der Chlor- und Nitrat-Reihe, in der Calcium direkt gegeben worden war, sehr nahe steht.

Tabelle 9.

Versuchsreihe	Stengel u. Blätter		Früchte		Wurzeln		Insgesamt	
	%	g	%	g	%	g	%	g
Prozentgehalt der Trockensubstanz an CaO und CaO-Ernte in Gramm.								
$(NH_4)_2SO_4$	2,32	0,269	1,67	0,011	1,55	0,093	2,04	0,373
$(NH_4)_2(COO)_2$	4,50	0,922	1,89	0,099	2,15	0,243	3,41	1,264
NH_4Cl	2,81	0,231	·	·	2,60	0,083	2,75	0,314
NH_4NO_3	4,12	0,908	2,08	0,062	1,61	0,136	3,30	1,106
Prozentgehalt der Trockensubstanz an P_2O_5 und P_2O_5-Ernte in Gramm.								
$(NH_4)_2SO_4$	1,12	0,130	1,34	0,009	0,64	0,039	0,97	0,178
$(NH_4)_2(COO)_2$	0,77	0,159	0,86	0,045	0,47	0,054	0,69	0,258
NH_4Cl	1,35	0,111	·	·	0,74	0,024	1,18	0,135
NH_4NO_3	0,93	0,207	0,75	0,023	0,61	0,052	0,84	0,282

Offenbar hat sich aus dem Oxalat Bicarbonat gebildet, welches die Aufnahme von CaO aus dem Sande außerordentlich begünstigte. Die Pflanzen, die unter dem Einfluß von Ammoniumsulfat standen, weisen in den Stengeln und Blättern nur 2,32 % CaO auf. Gewiß hat es nicht an Säure gefehlt, um CaO aus dem Sande, der den Pflanzen zur Verfügung stand, zu lösen, aber die Säure wird auf die Wurzeln und damit auf die ganze Pflanze so kräftig eingewirkt haben, daß sie ohne Rücksicht auf etwa mehr in Lösung gehende Kalkmengen das Wachstum beeinträchtigte. Entsprechend dem Aufnahmeverhältnis von CaO und P_2O_5 in den beiden Anion-Gruppen Chlor und Nitrat ist auch hier beim Oxalat die Neigung zu erkennen, bei hoher CaO-Aufnahme die Ausnutzung von P_2O_5 durch die Pflanze zu hemmen. Während für die Ammoniumsulfatreihe in der Blatt- und Stengelmasse 1,12 % P_2O_5 festgestellt wurden, beträgt der Prozentgehalt an P_2O_5 in diesen Pflanzenteilen für die Ammoniumoxalatreihe nur 0,77 %.

In den beiden Alkali-Gruppen ist festzustellen, daß die Oxalatreihen im Prozentgehalt an CaO in den Stengeln und Blättern fast vollkommen übereinstimmen und auch bei den Früchten und Wurzeln nur geringe Unterschiede zu erkennen sind. Etwas auffälliger ist die unterschiedliche CaO-Aufnahme in den Sulfatreihen. Hinsichtlich der P_2O_5-Aufnahme ist zu erwähnen, daß die Buschbohnenpflanzen in allen Natriumsalzreihen eine nicht unbedeutende Steigerung des Prozentgehaltes an P_2O_5 gegenüber den entsprechenden Kalireihen aufweisen.

Tabelle 10a.

Versuchsreihe	Stengel und Blätter		Früchte		Wurzeln		Insgesamt	
	%	g	%	g	%	g	%	g
Prozentgehalt der Trockensubstanz an CaO und CaO-Ernte in Gramm.								
K_2SO_4	1,60	0,365	0,73	0,055	1,95	0,197	1,53	0,617
$KHCO_3$	2,50	0,763	1,24	0,202	1,95	0,263	2,04	1,228
$K_2(COO)_2$	2,81	0,861	0,95	0,141	2,00	0,318	2,15	1,320
Na_2SO_4	3,08	0,482	1,19	0,049	2,70	0,267	2,69	0,798
$NaHCO_3$	2,11	0,307	1,09	0,080	2,70	0,246	2,04	0,633
$Na_2(COO)_2$	2,82	0,519	1,09	0,064	2,40	0,223	2,40	0,806
Prozentgehalt der Trockensubstanz an P_2O_5 und P_2O_5-Ernte in Gramm.								
K_2SO_4	0,70	0,161	0,49	0,037	0,48	0,049	0,61	0,247
$KHCO_3$	0,51	0,158	0,29	0,047	0,32	0,044	0,41	0,249
$K_2(COO)_2$)	0,46	0,142	0,45	0,068	0,40	0,064	0,44	0,274
Na_2SO_4	1,03	0,162	0,80	0,033	0,62	0,061	0,86	0,256
$NaHCO_3$	1,01	0,147	0,61	0,045	0,69	0,063	0,82	0,255
$Na_2(COO)_2$	0,82	0,152	0,67	0,039	0,60	0,056	0,73	0,247

Es ist dies vielleicht durch die wesentlich höhere Ernte in den Kalireihen erklärlich, welche die Pflanze zu sparsamerer Verwendung der Phosphorsäure zwang. Zieht man die in den beiden Alkali-Gruppen auf-

genommenen Mengen von K_2O und Na_2O in den Kreis der Betrachtung, so findet sich beim Kaliumsulfat, das nur 40,4 g Gesamternte lieferte, ein durch die hohen Prozentzahlen deutlich erkennbarer Luxusverbrauch an Kali. Die physiologisch saure Beschaffenheit des Kaliumsulfats hat wohl volle Ausnutzung des gebotenen Kalis nicht ermöglicht.

Tabelle 10b.

Versuchsreihe	Stengel und Blätter		Früchte		Wurzeln		Insgesamt	
	%	g	%	g	%	g	%	g
Prozentgehalt der Trockensubstanz an K_2O und K_2O-Ernte in Gramm.								
K_2SO_4	3,25	0,742	2,37	0,178	2,83	0,286	2,98	1,206
$KHCO_3$	3,01	0,919	2,16	0,351	3,06	0,414	2,79	1,684
$K_2(COO)_2$	2,60	0,796	1,98	0,293	2,61	0,415	2,45	1,504
Na_2SO_4	0,80	0,126	2,24	0,092	0,66	0,066	0,96	0,284
$NaHCO_3$	0,96	0,139	1,80	0,132	0,40	0,037	0,99	0,308
$Na_2(COO)_2$	0,76	0,140	1,96	0,114	0,63	0,059	0,93	0,313
Prozentgehalt der Trockensubstanz an Na_2O und Na_2O-Ernte in Gramm.								
K_2SO_4	0,30	0,070	0,29	0,022	0,13	0,013	0,26	0,105
$KHCO_3$	0,24	0,075	0,89	0,015	0,21	0,029	0,20	0,119
$K_2(COO)_2$	0,18	0,057	0,13	0,019	0,20	0,032	0,18	0,108
Na_2SO_4	0,32	0,050	·	·	1,02	0,102	0,51	0,152
$NaHCO_3$	1,40	0,204	·	·	2,07	0,189	1,27	0,393
$Na_2(COO)_2$	0,81	0,150	0,32	0,019	2,00	0,187	1,06	0,356

In der Natriumoxalatreihe weicht die K_2O-Aufnahme von annähernd 2% durch die Früchte von dem um etwa $^1/_3$ geringeren Prozentgehalt der Wurzeln und der Stengel und Blätter wesentlich ab, steht aber mit dem Prozentgehalt an K_2O der Früchte in der entsprechenden Kalireihe auf fast gleicher Stufe. Deutlich tritt der große Einfluß des Kaliums auf die Fruchtbildung hervor. Wir vergleichen:

	Fruchttrockenmasse g	K_2O g	Fruchttrockenmasse %	K_2O %
$KHCO_3$	16,2	0,351	100	100
$NaHCO_3$	7,3	0,132	45	37
$K_2(COO)_2$	14,8	0,293	91	84
$Na_2(COO)_2$	5,8	0,114	36	33

Kaligehalt und Fruchttrockenmasse ändern sich also bei diesen ähnlichen Behandlungsformen in sehr ähnlicher Weise. Nicht entsprechend verhalten sich die Stengel- und Blatternten:

	Trockenmasse der Blätter und Stengel g	K_2O g	Trockenmasse der Blätter und Stengel %	K_2O %
$KHCO_3$	30,5	0,919	100	100
$NaHCO_3$	14,5	0,139	47	15
$K_2(COO)_2$	30,6	0,796	100	87
$Na_2(COO)_2$	18,4	0,140	60	15

Bezüglich der Wirkung des Kalis sei ferner darauf hingewiesen, daß

	Gesamternte g	Gesamtkali g	Fruchternte g	Fruchtkali g
K_2SO_4	40,4	1,206	7,5	0,178
$NaHCO_3$	30,9	0,308	7,3	0,132

besitzen. Offenbar ist der wirkliche Kalibedarf, der zumal zur Fruchtbildung erforderlich war, gar nicht so sehr groß gewesen. Unsere höchsten Fruchternten zeigen für

$KHCO_3$	mit 16,2 g	Früchten	2,16%	K_2O
$K_2(COO)_2$	„ 14,8 g	„	1,98%	„
K_2SO_4	„ 7,5 g	„	2,37%	„
$NaHCO_3$	„ 7,3 g	„	1,80%	„

so daß ein Kaligehalt in der Trockensubstanz von rund 2% für ziemlich reiche Fruchtbildung ausreichend erscheint.

Das Natrium, das in den Versuchsreihen der Kation-Gruppe (Tab. 10b) direkt gegeben worden war, ist im wesentlichen in den Wurzeln geblieben, wo es zu 1—2% vorgefunden wurde. Weniger in der Sulfatreihe, mehr in der Oxalat- und vor allem in der Bicarbonatreihe ist es auch in die Stengel und Blätter weitergeleitet worden. In den Früchten der Sulfat- und Bicarbonatreihe hingegen war Na_2O überhaupt nicht nachzuweisen und in der Natriumoxalatreihe nur 0,3% zu finden. Die Aufnahme von Na_2O in den Kalisalzreihen schwankt zwischen 0,18 und 0,26%, wenn man die Gesamtaufnahme in Betracht zieht.

Die Tab. 11 bringt zum Ausdruck, in welchen Mengen und auf welche Pflanzenorgane verteilt der Stickstoff zur Zeit der Ernte bei den mit Stickstoff versorgten Reihen zu finden war.

Tabelle 11.

Prozentgehalt der Trockensubstanz an Gesamtstickstoff und N-Ernte in Gramm.

Versuchsreihe	Stengel und Blätter		Früchte		Wurzeln		Insgesamt	
	%	g	%	g	%	g	%	g
$Ca(NO_3)_2$	3,56	0,894	4,45	0,205	1,56	0,205	3,05	1,304
$Mg(NO_3)_2$	3,07	0,870	3,35	0,255	1,86	0,209	2,83	1,334
$NaNO_3$	3,60	0,721	·	·	1,66	0,125	2,93	0,846
NH_4NO_3	4,50	0,990	4,13	0,124	3,34	0,284	4,17	1,398
$(NH_4)_2SO_4$	4,56	0,529	·	·	2,38	0,143	3,67	0,672
$(NH_4)_2(COO)_2$	3,94	0,809	4,28	0,223	2,10	0,238	3,43	1,270

Für die Ammonnitratreihe liegt der Prozentgehalt an Gesamtstickstoff in den Wurzeln etwa doppelt so hoch als in den drei anderen Reihen derselben Gruppe. Dies hängt wohl mit einer Benachteiligung der Wurzeln durch den Säurerest des Ammonnitrats zusammen, das ja zunächst physiologisch sauer wirkt und die Wurzelentwicklung, nur 8,5 g gegen 13,1 g beim Calciumnitrat, beeinträchtigte, wobei noch eine gewisse Überschwemmung mit Stickstoff hinzutrat. In den beiden

Ammonsalzreihen (Sulfat und Oxalat), in denen der Stickstoff den Buschbohnenpflanzen in der Kationform zur Verfügung stand, sind beachtliche Mengen Stickstoff aufgenommen worden. In der Sulfatreihe wurde während des Wachstums überhaupt kein Nitrat nachgewiesen (Tab. 5) und in der Ammonoxalatreihe nur Spuren. Es ist also vermutlich in diesen beiden Reihen das Ammonium als solches in organische Amide und schließlich in Eiweiß übergeführt worden. Die Anreicherung von Stickstoff in den Wurzeln der Ammonsalzreihen, in denen über 2% Gesamtstickstoff festgestellt werden konnten, fällt auf.

V. Besprechung der Versuchsergebnisse.

Wie schon oben bei der Erläuterung der Versuchsmethodik erwähnt, standen die Versuchspflanzen in jeder Gruppe unter der einheitlichen Wirkung eines Kations ($K^{\cdot}$, $Na^{\cdot}$, $NH_4^{\cdot}$) bzw. Anions (Cl', Br', NO_3') und da auch die sonstigen Versuchsbedingungen bei allen Reihen die gleichen waren, so ist als wesentliche Ursache für die verschiedene Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch die dargebotenen Salze vorwiegend die besondere Art und die Wirkungsweise des Kations bzw. Anions anzusehen. Freilich kann es, wenn die im Samen zur Verfügung stehende Menge lebenswichtiger Nährstoffe knapp wurde sowie auch, wenn ein Ion neben seinen Sondereigenschaften anderer Art auch lebenswichtige Nährstoffe zuführte, gelegentlich schwierig werden, die einzelnen Wirkungen klar zu überblicken. Auch ist es nicht ausgeschlossen, daß bei unserer Versuchsanstellung — da später behufs besserer Weiterentwicklung der Pflanzen Diammonphosphat gegeben worden war — noch andere Faktoren das Wachstum beeinflußt haben. So war während des Wachstums die Lösung von Kali aus dem Sande mehr oder weniger von Bedeutung. Wir wollen bei unseren Überlegungen nur unter der Voraussetzung Schlußfolgerungen ziehen, daß, soweit nicht klar auf der Hand liegende Gründe dies ausschließen, eben das in bestimmter Menge dargereichte Kation oder Anion in erster Reihe den hauptsächlichsten Einfluß ausgeübt hat. Bei einer Beurteilung der Wirkung von Ionen auf die Pflanzen ist die Frage von größter Bedeutung, welche physiologische Aufgabe das einzelne Kation oder Anion eines dargebotenen Salzes beim Aufbau pflanzlicher Substanz bzw. bei den damit im Zusammenhang stehenden verwickelten Vorgängen zu erfüllen hat.

Neben den Kationen haben natürlich auch die mit ihnen verbundenen Anionen die Erzeugung von pflanzlicher Substanz entscheidend beeinflußt. Der hohe Ertrag der Buschbohnenpflanzen in den Versuchsreihen, in denen die Alkalien und das Ammonium an den Oxalatrest gebunden waren, läßt die Vermutung aufkommen, daß das Oxalation bei Aufnahme von Ionen oder Aufbau von Pflanzensubstanz in irgend-

einer besonderen Weise wirksam gewesen ist. Doch hat auch das Bicarbonat in etwa gleicher Weise gewirkt; und die bessere Entwicklung der Pflanzen bei beiden gegenüber den an Sulfat- und Chloridion gebundenen Kationen erklärt sich vermutlich ungezwungen durch die physiologisch saure Wirkung der letztgenannten Salze.

Bei der Kartoffel als Versuchspflanze liegen diese Verhältnisse anders, wie schon aus den Beobachtungen während der Vegetationszeit und der Erläuterung der Trockensubstanzerträge hervorgeht. Das Ammonoxalat hat zwar, entsprechend der bekannten günstigen Einwirkung aller Ammonsalze auf die Kartoffel, einen guten Trockensubstanzertrag hervorgebracht, der aber noch weit hinter dem des Ammonnitrats zurücksteht. Offenbar herrscht bei der Einwirkung der Ammonsalze auf die Kartoffelpflanzen eine gesteigerte Aufnahme des Kations bzw. eine rege Verarbeitung des Ammoniakstickstoffs in den Zellen der Pflanze vor, mehr oder weniger unabhängig von der Beschaffenheit des Anions und der damit im Zusammenhang stehenden Reaktion im Nährmedium.

Die Annahme, der Oxalsäurerest wäre unverändert als solcher in die Leitbahnen der Pflanze übergeführt, ist vermutlich unrichtig bei dem hohen Kalkgehalt, den gerade die Stengel in den mit den drei Oxalaten versorgten Reihen aufzuweisen haben und der die anderen Reihen regelmäßig übertrifft (vgl. Tab. 9 und 10a). Eine starke Festlegung des Calciums hätte sicherlich die Erzeugung von Trockensubstanz wesentlich ungünstig beeinflußt und würde unseren Beobachtungen entgegenstehen. Wenn wir dagegen annehmen, daß der Oxalsäurerest schon im Vegetationssande eine Umwandlung durch Oxydation erfahren hat, so wird er vermutlich als Bicarbonat von den Wurzeln der Pflanze aufgenommen und in ihr verarbeitet worden sein. Jedenfalls zeigt uns das günstige Produktionsverhältnis beim Bicarbonat, das als Alkalisalz von vornherein direkt gegeben worden war, daß die Alkalien über Bicarbonat von den Buschbohnen leicht aufnehmbar sind, wie überhaupt die Anwesenheit der Kohlensäure der Buschbohnenpflanze bei ihrem Wachstum angenehmer zu sein scheint als manche andere Anionen. Die in der Bicarbonat- und Oxalatreihe zweifellos vorliegende Bicarbonatwirkung in Form hoher Trockensubstanterträge hebt sich von der doch sonst als sehr günstig bekannten Bindung des Kaliums an Sulfat sichtlich ab, sei es, daß beim Kaliumsulfat eine physiologisch saure Reaktion vorliegt, sei es, daß eine etwas mehr ins Basische verschobene Reaktion, wie vermutlich bei den Oxalaten und Bicarbonaten, den Buschbohnen besonders erwünscht ist. Diese Beobachtung berechtigt zu der Schlußfolgerung, daß die Aufnahme eines Kations in hohem Maße von dem dazugehörigen Anion abhängt, wenigstens, soweit nicht der übliche calciumcarbonatreiche Erdboden mit seiner Kohlen-

säure, mit seinen Salzen und seinen Kolloiden in die Reaktion eingreift. Ist es für die Pflanze möglich, in der gleichen Wachstumsperiode das Anion aufzunehmen, und in sich durch Bindung zu verwerten, so bestehen andere Möglichkeiten der Gegenwirkung. Wohl wegen der physiologisch sauren Reaktion des Kaliumsulfats liegt bei dieser Reihe eine Hemmung für die Erzeugung von Pflanzenmasse vor, die uns die Begründung für die höheren Kaliprozentgehalte der Sulfatreihe bietet, ohne daß wir alle Einzelheiten zu überblicken vermöchten. Es fällt aber auch noch auf, daß die beiden Reihen, welche eine gute Fruchternte zu bringen vermochten, Bicarbonat und Oxalat, nur etwas über 50% des Gesamtkalis in den Stengeln und Blättern aufweisen (vgl. Tab: 12a) und etwa 20% in den Früchten, während die Sulfatreihe den Früchten nur 15% des Gesamtkalis zur Verfügung zu stellen vermochte und in den Stengeln und Blättern über 60% davon zurückbehielt. Daß die Früchte infolge nicht ganz ausreichender Kaliversorgung sich schwächer entwickelten, ist unwahrscheinlich, da ihr prozentischer Kaligehalt verhältnismäßig hoch ist, und wir in anderen, ohne Zweifel erheblich kaliärmeren Reihen, z. B. $NaHCO_3$ mit 1,8 % K_2O in der Fruchttrockenmasse noch leidliche Samenernten finden. Vielmehr ist anzunehmen, daß infolge der im Boden der Gefäße mehr und mehr auftretenden sauren Reaktion die Fruchtausbildung litt, und daher auch die Aufnahme von Kali geringer wurde. Die Natronwerte geben keine Möglichkeit zu Schlußfolgerungen, ganz abgesehen von ihrer relativen Unsicherheit bei den niedrigen Gehalten.

Tabelle 12a. *Verteilung des K_2O und Na_2O auf die Trockensubstanz (K-Gruppe).*

Versuchsreihe		Stengel und Blätter	Früchte	Wurzeln
K_2SO_4	Trockenernte	22,8 g	7,5 g	10,1 g
	Kaliernte	0,742 g	0,178 g	0,286 g
	Prozent K_2O	61,5	14,8	23,7
$KHCO_3$	Trockenernte	30,5 g	16,2 g	13,5 g
	Kaliernte	0,919 g	0,351 g	0,414 g
	Prozent K_2O	54,6	20,8	24,6
$K_2(COO)_2$	Trockenernte	30,6 g	14,8 g	15,9 g
	Kaliernte	0,796 g	0,293 g	0,415 g
	Prozent K_2O	52,9	19,5	27,6
K_2SO_4	Trockenernte	22,8 g	7,5 g	10,1 g
	Na_2O-Ernte	0,070 g	0,022 g	0,013 g
	Prozent Na_2O	66,3	21,0	12,7
$KHCO_3$	Trockenernte	30,5 g	16,2 g	13,5 g
	Na_2O-Ernte	0,075 g	0,015 g	0,029 g
	Prozent Na_2O	63,5	12,3	24,2
$K_2(COO)_2$	Trockenernte	30,6 g	14,8 g	15,9 g
	Na_2O-Ernte	0,057 g	0,019 g	0,032 g
	Prozent Na_2O	52,6	17,9	29,5

Das Verhältnis zwischen dem K_2O-Gehalt der Stengel und Blätter und dem der Früchte ist recht weit, auch bei Bicarbonat und Oxalat. Vermutlich hat ein Luxusverbrauch an Kalium vorgelegen, so daß dieser Nährstoff zum Teil mehr oder weniger nutzlos in den vegetativen Teilen der Pflanze niedergelegt wurde.

Wenn man noch die Größe der Blattflächen der Buschbohnenpflanzen in den Versuchsreihen der Kalium-Gruppe (vgl. Tab. 4) zur Betrachtung heranzieht, so weisen die Pflanzen der Bicarbonatreihe zwar eine relativ große durchschnittliche Blattfläche auf; doch zeigt die Kaliumoxalatreihe, die annähernd gleiche Trockenernten an Stengeln und Blättern, Früchten und Wurzeln hervorgebracht hat, nicht unerheblich geringere Blattflächen, 79,5 qcm gegen 96 qcm beim Bicarbonat. Auch bei der Sulfatreihe ist trotz der Säureschädigung, mit der wir rechnen müssen, die Blattfläche mit 83 qcm nicht geringer als beim Oxalat. Die Größe der Blattflächen kann also kaum zu einer Schlußfolgerung dienen.

Das in den Versuchsreihen der Kalium-Gruppe aufgenommene Na_2O (vgl. Tab. 12a), das also aus dem Muttersamen oder aus dem Vegetationssande stammte, wurde zum überwiegenden Teile in den Assimilationsorganen vorgefunden. Die Buschbohnenpflanzen der Kaliumoxalatreihe zeigen hinsichtlich der Festlegung von K_2O und Na_2O sowohl in den Assimilationsorganen als auch in den Früchten und Wurzeln eine fast vollkommene Übereinstimmung in den prozentischen Anteilen. Unter dem einseitigen Einfluß der Natriumsalze haben die Buschbohnen nicht unbeträchtliche Mengen von K_2O aus dem Vegetationssande herausgeholt. Forscht man der Verteilung dieser K_2O-Mengen auf Stengel und Blätter, Früchte und Wurzeln nach, so haben die Assimilationsorgane mit rund 45% den Hauptanteil des insgesamt aufgenommenen K_2O gespeichert, und zwar zeigt sich diese prozentische Verteilung in allen 3 Versuchsreihen dieser Gruppe in gleicher Weise.

Auch der Gehalt der Früchte an K_2O in diesen Natriumsalzreihen ist mit 32—43% hoch. Diese Erscheinung kann vielleicht so gedeutet werden, daß das Kali für die Ablagerung der Reservestärke durchaus notwendig ist. Jedenfalls liegt hier, wo die Pflanzen wenig überflüssiges Kali zur Verfügung hatten, nicht wie bei den Kalireihen Luxusverbrauch vor, und wir können an den Verteilungszahlen sehen, daß die Pflanze bei Kaliknappheit den Früchten einen sehr erheblichen Anteil ihres Kalis zur Verfügung zu stellen weiß, der bei Natriumbicarbonat mit seinem verhältnismäßig günstigen Fruchtertrag fast die Hälfte der Kaligesamtmenge ausmacht.

In der Natriumbicarbonat- und -sulfatreihe haben die Früchte überhaupt keine nachweisbaren Mengen von Na_2O in sich festgelegt und

Tabelle 12b. *Verteilung des K_2O und Na_2O auf die Trockensubstanz (Na-Gruppe).*

Versuchsreihe		Stengel und Blätter	Früchte	Wurzeln
Na_2SO_4	Trockenernte	15,6 g	4,1 g	9,9 g
	K_2O-Ernte	0,126 g	0,092 g	0,066 g
	Prozent K_2O	44,4	32,4	23,2
$NaHCO_3$	Trockenernte	14,5 g	7,3 g	9,1 g
	K_2O-Ernte	0,139 g	0,132 g	0,037 g
	Prozent K_2O	45,1	42,9	12,0
$Na_2(COO)_2$	Trockenernte	18,4 g	5,8 g	9,3 g
	K_2O-Ernte	0,140 g	0,114 g	0,059 g
	Prozent K_2O	44,7	36,4	18,9
Na_2SO_4	Trockenernte	15,6 g	4,1 g	9,9 g
	Na_2O-Ernte	0,050 g	·	0,102 g
	Prozent Na_2O	33,1	·	66,9
$NaHCO_3$	Trockenernte	14,5 g	7,3 g	9,1 g
	Na_2O-Ernte	0,204 g	·	0,189 g
	Prozent Na_2O	51,8	·	48,2
$Na_2(COO)_2$	Trockenernte	18,4 g	5,8 g	9,3 g
	Na_2O-Ernte	0,150 g	0,019 g	0,187 g
	Prozent Na_2O	42,3	5,2	52,5

nur die Pflanzen der Natriumoxalatreihe haben rund 5% des insgesamt aufgenommenen Na_2O in ihren Früchten gespeichert. Der Hauptanteil des insgesamt aufgenommenen Na_2O war bei der Natrium-Gruppe in den Wurzeln zu finden.

Die bei Vegetationsversuchen mit Ammonsalzen schon oft beobachteten schädlichen Einflüsse auf Wurzeln und Blattentwicklung können wir durchaus bestätigen. Die bekannten Störungen physiologischer Art, die sich bei unseren Buschbohnenpflanzen in der marmorierten Blattfarbe und dem Gesamtaussehen der Pflanze ausprägen, treten ganz besonders augenfällig in der Ammonsulfat-, Ammonchlorid- und -bromidreihe in Erscheinung. In der Ammonoxalat- und -nitratreihe hingegen sind, wie bereits erwähnt, schädliche Einflüsse in solchem Ausmaße nicht zu beobachten.

G. G. Petrow[20] untersuchte die Frage der Ammoniakwirkungen neuerdings in Wasserkulturen und kam zu dem Schlusse, daß aus den Nährlösungen, in denen der Ammoniakstickstoff als Ammonsulfat vorhanden ist, das Ammoniak vornehmlich als kohlensaures Salz durch die Wurzelmembranen aufgenommen wird. Nach seinen Beobachtungen führen selbst schwache Konzentrationen von Ammonsulfat eine Verminderung des Wurzelsystems herbei, was die Folge einer Ammoniakvergiftung ist, für die besonders das giftige kohlensaure Ammoniak, weniger die Sulfationen verantwortlich zu machen sind. Sind die Konzentrationen stärker, so werden auch die oberirdischen Vegetationsorgane in Mitleidenschaft gezogen. Brachte *Petrow* Glykose in die Nährlösung, so wurde die Verminderung des Wurzelsystems beseitigt. Die nachteilige Wirkung der Ammonsalze tritt besonders stark am Anfange der Vegetation in Erscheinung, bevor also die Pflanze eine größere assimilierende Oberfläche gebildet hat. Die kohlenhydratreichen Pflanzen können

das Ammoniak ohne Mitwirkung von Kalk in Asparagin umsetzen, die eiweißreichen dagegen nur unter Anwesenheit von Kalk. Auch *D. N. Prjanischnikow*[10] glaubt den Grund für das verschiedenartige Verhalten der Pflanzen den Ammonsalzen gegenüber in dem verschiedenen Kohlenhydratreichtum suchen zu müssen. Aus der jüngsten Zeit liegen Arbeiten von *W. Mevius*[21], *H. Engel*[22] und von beiden[23] gemeinsam zur Frage der Wirkung der Ammonsalze vor. *Mevius* versucht nachzuweisen, daß der schädliche Einfluß des Ammoniaks um so größer ist, je kleiner die Wasserstoffionenkonzentration der Nährlösung. Bestimmend für die Schädlichkeit einer Ammonsalzlösung ist nach seiner Ansicht die zu ihr gehörige NH_3-Tension. Neuere Untersuchungen haben diese Ansicht noch weiter bestätigt. Das eingedrungene Ammoniak wird nach *Engel* (a. a. O.) sehr wahrscheinlich durch in der Zelle befindliche organische Säuren (Oxy- und Ketosäuren), die ihren Ursprung den Kohlenhydraten verdanken müssen, neutralisiert. Ist Ammoniak im Vergleich zu den stickstofffreien Verbindungen im Überschuß vorhanden, oder ist bei genügendem Vorrat an Kohlenhydraten der Eiweißbedarf der Pflanzen gering, so kann nach *Engel* durch weitere Dehydratation aus den Aminosäuren Asparagin entstehen. Der für die Pflanze äußerst wertvolle Stickstoff konzentriert sich dann also im Asparagin. In anderen Pflanzen, den „Säurepflanzen" (*W. Ruhland* und *K. Wetzel*[24]) übernimmt vornehmlich die Oxalsäure die Aufgabe, das Ammoniak zu entgiften. Bei diesen Pflanzen wird somit das Ammoniak in einer Weise gespeichert, die im Vergleich zum Asparagin als noch ökonomischer zu bezeichnen ist.

Ob in den Ammonsalzreihen unseres Versuches eine Sonderwirkung des Kations NH_4 bzw. des Ammoniakstickstoffs im Sinne der oben erläuterten Anschauungen die Ursache für die physiologischen Störungen ist, oder ob hierbei Reaktionsfragen die Hauptrolle spielen, kann man annähernd nach der Richtung entscheiden, daß die Ammonsalze der starken Säuren, die nicht von der Pflanze in weitem Umfange aufgenommen werden, daß also Ammonsulfat und -chlorid durch ihre physiologisch saure Reaktion wenigstens für die Buschbohnen ungünstig wirkten. Denn das Ammonoxalat, das ja rasch in das Bicarbonat übergegangen sein dürfte, zeigt eine sogar das schwach physiologisch saure Ammonnitrat in Gesamternte wie Fruchtertrag übertreffende Wirkung. Wir können auf Grund unserer Beobachtungen bestätigen, daß der Ammoniakstickstoff auf die kohlenhydratreiche Kartoffelpflanze günstigen Einfluß ausgeübt hat; bei dieser Einwirkung war es fast belanglos, mit welchem Anion verbunden das Kation Ammonium gegeben wurde. So hat selbst das Ammonbromid einen leidlichen Trockensubstanzertrag hervorgebracht. Immerhin tritt eine gewisse Benachteiligung der Kartoffelpflanze durch beide Halogene deutlich hervor. Gegenüber Ammonsulfat und -oxalat zeigen Ammonchlorid und -bromid auch höheren Wassergehalt der Knollen (vgl. Tab. 7a):

	Wasser	Trockenmasse der Knollen	Gesamttrockenmasse
	%	g	g
$(NH_4)_2SO_4$	74,9	117,9	179,2
$(NH_4)_2(COO)_2$	75,2	135,5	193,3
NH_4Cl	76,6	87,0	144,4
NH_4Br	77,6	56,7	120,5

Außerdem scheint noch eine andere Besonderheit hervorzuheben zu sein: Während die Ammoniakgabe für die Knollenernte zwar eine gewisse Bedeutung zeigt, ist sie für die Trockenernte von Stengeln und Blättern (vgl. Tab. 7a) außerordentlich bedeutungsvoll gewesen, wenn Halogene verabfolgt wurden. Schon *Maiwald* (a. a. O.) stellte fest, daß durch Stickstoff die nachteilige Wirkung der in Verbindung mit Kali gegebenen Chlorionen zumal für die Blattfarbe beseitigt werden konnte. Das war auch hier der Fall. Wie stark das Wachstum der Stengel und Blätter der Kartoffel durch das Ammoniak gefördert wurde, geht aus den folgenden Zahlen hervor:

$CaCl_2$	21,6 g	$CaBr_2$	35,3 g
$MgCl_2$	22,4 g	$MgBr_2$	28,8 g
NaCl	21,3 g	NaBr	26,4 g
NH_4Cl	46,4 g	NH_4Br	52,4 g

Vermutlich wirkt der Nährstoff der Schädigung der Chlorophyllbildung durch die Chloride stark entgegen, ohne daß man zur Zeit noch Näheres hierüber zu sagen vermöchte.

Der in der Anionform zur Wirkung gekommene Stickstoff hat auf die Kartoffeln unter den von uns gewählten Versuchsbedingungen günstigen Einfluß ausgeübt. So überragen die in den 4 Nitratreihen geernteten Trockensubstanzmengen alle übrigen Erträge. Bei den Buschbohnen kommt die Wirkung des Nitratstickstoffes in Gestalt hoher Trockensubstanzerträge nicht zum Ausdruck. Zwar ist nach Tab. 5 in den Pflanzen der Nitratsalzreihen Nitrat in erheblichem Umfange nachzuweisen gewesen — wobei das Ammonnitrat, entsprechend den Angaben *Prjanischnikows* über die zunächst erfolgende Aufnahme des Ammoniaks zurücktrat —, doch scheint jedenfalls den übrigen Reihen gegenüber eine rechte Wirkung ausgeblieben zu sein. Vermutlich spielt in diese Erscheinungen noch ein anderer Umstand hinein. Bei den Buschbohnen sind fraglos die zur Verfügung stehenden Kalimengen entscheidend für das Wachstum und den Fruchtansatz, so daß die nicht durch physiologisch saure Reaktion wie beim Kaliumsulfat beeinträchtigten Reihen des Kaliumbicarbonats und Kaliumoxalats die weitaus besten Frucht- und Gesamternten erzielten. Der geringe Vorrat an Kali, über den die Nitratreihen verfügten, bedingte wohl hier die schwächere Wirkung des Stickstoffanteils. Bei der Kartoffel möchte ich dagegen nach meinen Versuchen annehmen, daß für ihre Entwicklung die Stickstoffzufuhr das Entscheidende war. Die Kalireihen erheben sich kaum im Ertrage über die Natronreihen. Also muß die Kartoffel, sei es aus dem Sande der Gefäße durch ein stärker entwickeltes Wurzelsystem, sei es aus der Mutterknolle, in jedem Falle genug Kali zur Verfügung gehabt haben, um innerhalb der bei vorliegendem Versuche erzielten Höchsternten völlig unabhängig von den an einzelne Reihen verabfolgten Kaligaben zu sein.

Was die Beeinflussung durch die beiden Anionen Chlor und Brom anbetrifft, so haben die Bromide die Buschbohnenpflanzen stark geschädigt. Da auch eine nennenswerte Erzeugung von Wurzelmasse nicht festgestellt werden konnte, so ist anzunehmen, daß die Bromsalze schon im Vegetationssande auf das junge Wurzelsystem nachteilig einwirkten. Die Kartoffeln litten unter dem Einfluß der Bromide nicht annähernd so stark. Es sind trotz der Aufhellung des Blattgrüns, welche die Bromgruppe — mit Ausnahme der Ammonbromidreihe — kennzeichnete, die Trockensubstanzerträge an Blatt- und Stengelmasse relativ hoch (vgl. Tab. 7a und b) und überragen sogar die Erträge der Chlor-Gruppe und den Wert der „Normalreihe". Eine geringe Aufhellung des Blattgrüns stellte ein bezeichnendes Merkmal auch der Chlorreihen dar. Die Pflanzen scheinen also trotz der Verringerung der Chlorophyllmenge, denn so dürfen wir die Aufhellung wohl nach *Maiwald* (a. a. O.) deuten, in ihrer assimilatorischen Tätigkeit und Leistung nicht wesentlich behindert zu sein. Das stimmt mit der Anschauung überein, daß bei günstigen Belichtungsbedingungen, wie sie zumeist für meinen Versuch zugetroffen haben dürften, die Chlorophyllmenge nicht als ausschlaggebend anzusehen ist. Weiterhin scheint es, als wenn durch die Stickstoffverbindungen die Halogene irgendwie ausgeschaltet würden, nicht nur hinsichtlich der Chlorophyllschädigung, sondern vielleicht auch bezüglich einer gewissen Förderung des Transportes der Kohlenhydrate, zumal in der kaliarmen Pflanze. Wir finden, wie bereits erwähnt, gerade in den mit Stickstoff versorgten Halogenreihen der Kartoffel folgendes:

	Trockenmasse		
	der Stengel und Blätter	der Knollen	der Wurzeln
	g	g	g
NH_4Cl	46,4	87,0	11,0
NH_4Br	52,4	56,7	11,4
Mittel der anderen Chloride	21,8	105,4	17,6
Mittel der anderen Bromide	30,2	53,5	13,3

Man möchte hiernach für die Chloride annehmen, und das auch auf die Bromide als möglich ausdehnen, daß die Begünstigung der assimilierenden Organe durch Ammonsalze mit einer Ausschaltung der die Diffusion und überhaupt den Transport in gewisser Weise fördernden Chloride zusammenhängt, aber die Wurzel- und Knollenbildung entsprechend beeinträchtigen kann, zumal wenn Kali nur knapp vorhanden ist, wie hier.

Die außerordentlich günstige Wirkung des Magnesiumchlorids auf die Buschbohnenpflanzen versuchten wir schon oben zu erklären. Es sei hier nur noch darauf hingewiesen, daß Basenaustausch oder sonstige Löslichmachung von Kali aus dem Gefäßsande nicht in Frage kommen können, da ja derartige Einflüsse auch z. B. dem Natriumion eigen sein würden. Auch mit dem für die Chlorophyllbildung erforderlichen Mini-

mum an Magnesium können wir keine Erklärung geben. Denn in den Kalireihen der Buschbohnen war offenbar aus dem Sande genügend Magnesium verfügbar, um sogar größere Ernten, bis über 60 g, zu erzeugen, und die Wurzeltrockenmasse der Chloridreihen ist nicht so erheblich geringer als die der Kalireihen, als daß eine so viel schlechtere Ausnutzung des Sandes auf Magnesium denkbar wäre. Und doch zeigt die Magnesiumchloridreihe recht deutlich einen Vorsprung gegenüber Natrium- und Calciumchlorid. Bei den Nitraten möchte man für Natriumnitrat eine ungünstige Wirkung nach der physiologisch basischen Seite hin annehmen und für Ammoniumnitrat nach der physiologisch sauren. Dann wäre der Vorteil, den Calcium- und Magnesiumnitrat aufweisen, erklärlich. Immer noch bleibt aber Magnesiumnitrat gegenüber dem Calciumsalz im Vorrang, zumal hinsichtlich des Fruchtertrages.

Auch bei dem Kartoffelversuch zeigt das Magnesium in der Brom-Gruppe einen wesentlichen Vorsprung, der weit über alle Schwankungen hinaus liegt. Bei den Chloriden ist der Vorsprung des Calciumsalzes

	Trockensubstanz		
	der Stengel und Blätter	der Knollen	der Wurzeln
	g	g	g
$CaBr_2$	35,3	42,9	13,1
$MgBr_2$	28,8	77,9	14,7
NaBr	26,4	39,7	12,1
NH_4Br	52,4	56,7	11,4

etwas größer, jedenfalls kann man aber auch hier eine günstige Wirkung des Magnesiumsalzes feststellen, die sich namentlich in der Knollenernte ausprägt. Wir denken hierbei an die Bevorzugung der schwefelsauren Kali-Magnesia als Kartoffeldünger in manchen Gegenden, zumal der Niederlande. Die Nitrate müssen ohne das die Stickstoffversorgung steigernde Ammonnitrat betrachtet werden, dann fällt hier kein Magnesiumeinfluß auf, wohl aber ein solcher des Calciums, besonders auf die Knollenbildung:

	Trockensubstanz der Knollen in Gramm		
$CaCl_2$	113,9	NaCl	94,2
$MgCl_2$	108,0		
$Ca(NO_3)_2$	172,2	$NaNO_3$	153,3
$Mg(NO_3)_2$	157,1		

Eine günstige Wirkung des Magnesiums ist, abgesehen von dem unmittelbaren Bedarf, nicht unwahrscheinlich, wenn sie auch gelegentlich vielleicht verdeckt wird. Das gleiche wird für Calcium anzunehmen sein, denn für den unmittelbaren Bedarf hieran muß nach Ausweis der Erntezahlen auch bei den Reihen ohne direkte Calciumzufuhr gesorgt gewesen sein.

Zusammenfassung.

Der vorliegende Vegetationsversuch hat als Mangelversuch zu gelten, da die Versuchspflanzen unter ganz außergewöhnlichen Wachstums-

bedingungen standen. Die geschilderten Beobachtungen und Ergebnisse sind demnach unter diesem einschränkenden Gesichtspunkte zu werten.

Die Buschbohnenpflanzen wurden in der Kali-Gruppe vor allem durch die Anionen Bicarbonat und Oxalat günstig beeinflußt, während das Kalium in Verbindung mit dem Sulfation die Erträge nicht unwesentlich verminderte. Den Bohnenpflanzen scheint bei ihrem Wachstum eine ins schwach Basische verschobene Reaktion besonders erwünscht zu sein, während die physiologisch saure Reaktion, die durch das Sulfat bedingt ist, ungünstigere Wachstumsbedingungen bietet. So scheint auch beim Kaliumsulfat, infolge der in den Gefäßen mehr und mehr auftretenden sauren Reaktion, die Fruchtausbildung und damit die Verwendung von Kali gelitten zu haben. Das Natrium hat bei den Buschbohnen in Verbindung mit den der Kali-Gruppe entsprechenden Anionen, wie nicht anders zu erwarten, bei weitem nicht die Erträge an Trockensubstanz hervorzubringen vermocht, doch ist immerhin auch hier eine etwas bessere Wirkung des Natriums in Verbindung mit den Anionen Bicarbonat und Oxalat, namentlich in der Erzeugung von Früchten, gegenüber der Sulfatform zu erkennen.

Bei der Kartoffel dagegen ist zwischen der Wirkung der Kalisalze und der entsprechenden Natriumsalze kein so beachtlicher Unterschied wahrzunehmen, obgleich doch, wie bekannt, gerade die Kartoffel als „Kalipflanze" auf Kaligaben durch allgemein günstiges Wachstum reagiert. Innerhalb der beiden Alkaligruppen selbst ist, entgegen den Beobachtungen beim Buschbohnenversuch, eine relativ günstigere Wirkung der beiden Sulfate deutlich zu erkennen, die zweifellos im engsten Zusammenhang steht mit der Toleranz der Kartoffel gegenüber einem sauren Nährmedium.

Die Wirkung des *als Kation* in den Ammonsalzen gebotenen *Stickstoffs* auf die Buschbohnen deutet ohne Zweifel auf Reaktionsfragen hin. In den Reihen nämlich, in denen das Kation Ammonium in Verbindung mit den Sulfat-, Chlor- und Bromionen dargeboten war, haben die Buschbohnenpflanzen gelitten, während das Ammonoxalat und nitrat, bei denen für die Buschbohnen offenbar günstigere Reaktionsbedingungen im Vegetationssande vorlagen, keine wesentliche Beeinträchtigung des Wachstums erkennen lassen. Der *als Anion* dargereichte *Nitratstickstoff* hat die Buschbohnenpflanzen günstig beeinflußt.

Für die *Kartoffelpflanzen* sind *beide Formen* des Stickstoffs in hohem Maße fördernd, dabei war es belanglos (im Gegensatz zu den Buschbohnen), in welcher Ionenbindung der Stickstoff vorlag.

Die *Halogene*, die, an gleiche Kationen gebunden, zur Wirkung kamen, beeinflußten als *Bromide* das Wachstum der Bohnenpflanzen sehr nachteilig, während die Kartoffeln unter dem Einfluß dieser Salze nicht annähernd so stark litten. Die entsprechenden *Chloride* haben

unter den vorhandenen Versuchsbedingungen auf beide Versuchspflanzen keine ausgesprochen ungünstige Wirkung verursacht. Die Aufhellung des Blattgrüns bei den Kartoffelpflanzen ist in der Ammonchlorid- und -bromidreihe, offenbar infolge des in diesen Salzen wirksamen Stickstoffs nicht wahrnehmbar. Schließlich sei noch auf die bei den Buschbohnen beobachtete günstige Wirkung des Magnesiumchlorids und -nitrats hingewiesen, die sich besonders in einem hohen Fruchtertrag ausprägt.

Nach Beendigung dieser Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. *Ehrenberg* meinen ergebensten Dank aussprechen. Auch den Herren Professor Dr. *Ungerer* und Privatdozent Dr. *Maiwald* sei herzlichst gedankt.

Literatur.

[1] *Pantanelli, E.*, u. *M. Sella*, nach E. Czapek, Biochemie der Pflanzen **2**, 482 (1920). — [1a] *Pantanelli, E.*, Über Ionenaufnahme. Protoplasma (Berl.) **7**, 129 (1929). Ref. in Z. Pflanzenernährg Tl A **16**, 240 (1930). — [2] *Hoagland, D. R.*, Die Aufnahme von Ionen durch die Pflanzen. Soil Sci. **16**, 225ff. (1923). — [3] *Rippel, A.*, Quantitative Untersuchungen über den Kationenaustausch in der Pflanze. Jb. Bot. **65**, 819/46 (1926). — [4] *Kisser, J.*, Planta (Berl.) **3** (1927). — [5] *Wagner, P.*, Arb. dtsch. Landw.-Ges. **1904**, H. 96, 360. — [6] *Fischer, Wilh.*, Landw. Jb. **58**, 39 unten, 45, 48, 51, 52 (1923). — [7] *Niklas, H.*, u. *Grandel*, Über die Beziehungen zwischen Pflanzen- und Bodennitraten und deren zweckmäßigste qualitative und quantitative Bestimmung. Naturwiss. u. Landw. **1927**, H. 12 — Freising-München: Verlag Dr. F. P. Datterer & Cie. — [8] *Warburg, O.*, u. *E. Negelein*, Biochem. Z. **110**, 66/115 (1921). — [9] *Pitsch, O.*, Landw. Versuchsstat. **34**, 217 (1887); **42**, 1 (1893); **46**, 357 (1896). — [10] *Prjanischnikow, D. N.*, Landw. Versuchsstat. **99**, 267ff. (1922) — Erg. Biol. **1**, 407 (1926). Ref. in Z. Pflanzenernährg Tl A **13**, 256 (1929) — J. f. landw. Wiss. **1**, 22, 179 (1924) (Moskau). Ref. in Z. Pflanzenernährg Tl B, **4**, 145 (1925). — [11] *Willstätter, R.*, Ann. d. Chem. u. Pharm. **350**, 48. — [12] *Meyer, D.*, Landw. Jb. **30**, 619ff. (1901); **33**, 371ff. (1904). — [13] *Nolte, O.*, Landw. Jb. **51**, 563ff. (1918). — [14] *Schneidewind, W.*, Jb. d. agrik. Versuchsstat. Halle **2**, 80, 131 (1896). Ref. im Zbl. d. Agrikulturchem. **1898**, 640, 674. — [15] *Loew, O.*, Flora (Jena) **1892**, 368ff. — Chem. Zbl. **2**, 248 (1892) — Landw. Versuchsstat. **41**, 467ff. (1892) — Bot. Zbl. **50**, 72/73 (1892) — Landw. Jb. **31**, 561ff.; **35**, 527ff.; **39**, 335ff., 1005ff.; **42**, 181ff. — Ernährg Pflanze **18**, 17 (1922). — [16] *Ehrlich, F.*, Zellulose-Chemie **11**, H. 7, 140/51 (1930). — [17] *Loew, O.*, u. *F. Merkenschlager*, Angew. Bot. **11**, 268 (1929). — [18] *Maiwald, K.*, Angew. Bot. **5**, H. 1 u. 2 (1923) — Z. Pflanzenernährg Tl A **9**, 57ff. (1927). — [19] *Heinrich, H.*, Z. Pflanzenernährg Tl A **10**, 299ff. (1927/28). — [20] *Petrow, G. G.*, Die Stickstoffassimilation durch höhere Pflanzen. Moskau 1917. Ref. in Z. Pflanzenernährg Tl A **2**, 317 (1923), 384. — [21] *Mevius, W.*, Z. Pflanzenernährg Tl A **10**, 208ff. (1927/28) — Planta (Berl.) **6**, 379 (1928). — [22] *Engel, H.*, Planta (Berl.) **6**, 160 (1928). — [23] *Mevius, W.*, u. *H. Engel*, Planta (Berl.) **9**, 1 (1929). — [24] *Ruhland, W.*, u. *K. Wetzel*, Z. f. wiss. Biol., Abt. E **1**, 558—564 (1925) — Planta (Berl.) **1**, 558 (1926).

Lebenslauf.

Als zweitältester Sohn des Stadthauptkassen-Rendant August Wagner und seiner Ehefrau Martha, geb. Diesner, wurde ich am 6. Februar 1899 in Friedeberg (Queis), Kreis Löwenberg (Schlesien) geboren. Ich besuchte zunächst die Volksschule und eine inzwischen in meiner Vaterstadt ins Leben gerufene höhere Schule, dann trat ich in die Untertertia des Reform-Realgymnasiums zu Görlitz ein, das ich 1920 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Anschließend bezog ich die Universität Breslau, um Chemie zu studieren. Am 25. Mai 1925 legte ich die anorganische und am 30. November 1926 die organische Verbandsprüfung ab. Nach Abschluß der chemischen Ausbildung widmete ich mich botanischen und agrikulturchemischen Studien und führte dann im agrikulturchemischen und bakteriologischen Institut vorliegende Arbeit aus.