



Nº 1383

1.01 0105-3.

631 86

H465 l2

v 1

Lehrbuch
der
Düngerlehre.

Zum Gebrauch bei Vorlesungen
an den höheren landwirthschaftlichen Lehranstalten
und zum
Selbstunterricht

von
Prof. Dr. Eduard ¹⁴Heiden.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Erster Band.

Theoretischer Theil.

Mit 3 Tafeln Bauweisen in Buntdruck.

Hannover.

Verlag von Philipp Cohen.

1879.

Versaffer und Verleger behalten sich das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen vor.

Druck von Carl Küster, Hannover.

Vorwort zur ersten Auflage.

Die Herausgabe dieses Lehrbuches habe ich schon seit einer Reihe von Jahren meinen Zuhörern — früher an der Akademie *Elдена*, jetzt in *Waldau* — versprochen; leider hat sich aber dieselbe aus verschiedenen hier nicht näher zu erörternden Gründen bis jetzt verzögert.

Da die Anregung zur Veröffentlichung meiner Vorlesungen über Düngerlehre zunächst von meinen Zuhörern ausgegangen ist, so habe ich mich auch bei der Ausarbeitung derselben zum Drucke so eng wie möglich an meine Vorlesungshefte angelehnt; indessen sind doch auch ebenso sehr innere Gründe bestimmend hinzugetreten.

Meine Vorlesung über Düngerlehre halte ich zweijahrestrig; in dem einen halben Jahre trage ich den theoretischen und in dem andern den practischen Theil derselben vor. Hieran sich anschließend erfolgt nun auch die Herausgabe dieser Vorlesungen in zwei Bänden; der erste, welcher jetzt zunächst vorliegt, bildet den theoretischen, während der zweite, welcher im Laufe des nächsten Jahres erscheinen wird, den practischen Theil umfassen soll. Der theoretische Theil soll das Bedürfniß der Pflanze und der practische die Befriedigung desselben entwickeln.

Im ersten Theile sind die Nährstoffe der Pflanzen, das Vorkommen derselben in und auf der Erde im Allgemeinen und in der Ackererde im Besonderen, die Art ihrer Aufnahme in die Pflanze, ihre Bedeutung für das Pflanzenleben, ihre Verbreitung und Vertheilung in der Pflanze und die Nothwendigkeit

oder Entbehrlichkeit der Zufuhr derselben zum Boden besprochen; der zweite Band wird die Beschreibung, Entstehungsart, resp. das Vorkommen und die Verbreitung, die Anwendung und Wirkung der bis jetzt benutzten Düngemitteln — also des Stallungs-, der menschlichen Excremente, des Compostdüngers, der Guanoarten, der phosphorsäurereichen Düngstoffe u. s. w. u. s. w. — abhandeln. In beiden Bänden zusammen wird ferner das gesammte Material für die Statik des Landbaues zusammengestellt sein; der erstere enthält zunächst die für die Berechnung der durch die Culturpflanzen, resp. deren Theile, dem Boden entzogenen Stoffe nothwendigen Zahlen.

Die Besprechung der Nährstoffe der Pflanze, also des Kohlenstoffs, Stickstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs, Wassers und der Aschenbestandtheile in allen ihren Beziehungen zur Pflanze und zum Boden ist für die einzelnen Stoffe kapitelweise geschehen. Der bei der Bearbeitung eingeschlagene Weg ist der historische. Viele, leider ja noch sehr viele Fragen, welche in Betreff der Bedeutung und Beziehung der einzelnen Nährstoffe zur Pflanze und zum Boden aufzuwerfen sind, sind bis jetzt noch nicht zum vollen Abschluß gelangt, daher kann auch nur die historische Behandlung die einzige richtige Art der Besprechung derselben sein. Aus dem Grunde sind die zur Lösung der verschiedenen Fragen vorliegenden Arbeiten in der für den Zweck des Buches erforderlichen Kürze, aber doch mit der für denselben nothwendigen Vollständigkeit und Genauigkeit besprochen, die aus denselben sich ergebenden Schlüsse gezogen und so der Standpunct, welchen dieselben jetzt einnehmen, festgestellt worden.

Das Werk ist sowohl für den Fachmann, wie für den gebildeten Landmann bestimmt. Da nun beide Theile verschiedene Ansprüche an ein solches Buch zu machen pflegen und es mein Wunsch sein mußte soviel wie in meinen Kräften stand, den Requisiten Beider zu genügen, so habe ich dies dadurch zu erreichen versucht, daß ich zwei Druckarten im Texte einführte, und zwar eine kleinere für die historische Entwicklung der Fragen und für die Beweise und eine größere für die Hauptdarstellung,

so daß derjenige Leser, welcher sich für die historische Entwicklung und die Beweise nicht speciell interessirt, in dem Großgedruckten das für ihn Wichtige klar herausgehoben findet. Am Ende eines jeden Kapitels sind ferner, soweit wie es möglich war, die wichtigsten aus dem Abgehandelten sich ergebenden Folgerungen in kurzen Sätzen zusammengestellt, was, wie ich hoffe, manchem Leser beim Gebrauch des Buches im Interesse leichterer Orientirung willkommen sein wird.

Bekanntlich ist das Material, welches vorliegt, ein ganz außerordentlich großes und zwar ist dieses größtentheils in den verschiedenen, sehr zahlreichen Zeitschriften der Culturvölker zerstreut, verbreitet. Soweit es nun in meiner Kraft gestanden hat, bin ich bemüht gewesen, alle Arbeiten, welche für die Besprechung der einzelnen Fragen von Wichtigkeit sind, aufzuführen, so daß ich zu hoffen wage, daß mir wirklich bedeutende nicht entgangen sein möchten. Da aber die Zahl der erscheinenden Journale eine sehr große ist und die Arbeiten der Versuchsstationen zum Theil in besonderen schwer zugänglichen Jahresberichten niedergelegt werden, und es so dem Einzelnen, wenn er nicht sehr günstig situiert, nicht möglich ist, sämmtliche in die Hände zu bekommen, so wäre es möglich, daß mir einzelnes entgangen sein könnte; insoweit dies der Fall sein sollte, bitte ich um die gütige Nachsicht der Leser. Jeden Nachweis des Mangels werde ich dankbar entgegennehmen und für die Zukunft zu verwerthen bemüht sein.

Alle im Buche vorhandenen Angaben, mit Ausnahme sehr weniger, beruhen auf dem Studium von Original-Arbeiten; nur da, wo es mir unmöglich war, die directen Quellen zu erhalten, sind Arbeiten aus zweiter Hand benutzt worden. Die Angaben der Quellen in oder unter dem Texte habe ich nach reiflicher Ueberlegung unterlassen, weil dadurch der Text, wenigstens stellenweise, für manchen Leser sehr verunstaltet worden wäre. Es war nun meine ursprüngliche Absicht, die wichtigsten Quellenangaben, kapitelweise geordnet, am Ende des Bandes aufzuführen; leider bin ich durch bekrübende Familienverhältnisse, welche

oder Entbehrlichkeit der Zufuhr derselben zum Boden besprochen; der zweite Band wird die Beschreibung, Entstehungsart, resp. das Vorkommen und die Verbreitung, die Anwendung und Wirkung der bis jetzt benutzten Düngmitteln — also des Stalldüngs, der menschlichen Excremente, des Compostdüngers, der Guanoarten, der phosphorsäurereichen Düngstoffe u. s. w. u. s. w. — abhandeln. In beiden Bänden zusammen wird ferner das gesammte Material für die Statik des Landbaues zusammengestellt sein; der erstere enthält zunächst die für die Berechnung der durch die Culturpflanzen, resp. deren Theile, dem Boden entzogenen Stoffe nothwendigen Zahlen.

Die Besprechung der Nährstoffe der Pflanze, also des Kohlenstoffs, Stickstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs, Wassers und der Aschenbestandtheile in allen ihren Beziehungen zur Pflanze und zum Boden ist für die einzelnen Stoffe kapitelweise geschehen. Der bei der Bearbeitung eingeschlagene Weg ist der historische. Viele, leider ja noch sehr viele Fragen, welche in Betreff der Bedeutung und Beziehung der einzelnen Nährstoffe zur Pflanze und zum Boden aufzuwerfen sind, sind bis jetzt noch nicht zum vollen Abschluß gelangt, daher kann auch nur die historische Behandlung die einzige richtige Art der Besprechung derselben sein. Aus dem Grunde sind die zur Lösung der verschiedenen Fragen vorliegenden Arbeiten in der für den Zweck des Buches erforderlichen Kürze, aber doch mit der für denselben nothwendigen Vollständigkeit und Genauigkeit besprochen, die aus denselben sich ergebenden Schlüsse gezogen und so der Standpunct, welchen dieselben jetzt einnehmen, festgestellt worden.

Das Werk ist sowohl für den Fachmann, wie für den gebildeten Landmann bestimmt. Da nun beide Theile verschiedene Ansprüche an ein solches Buch zu machen pflegen und es mein Wunsch sein mußte, soviel wie in meinen Kräften stand, den Requisiten Beider zu genügen, so habe ich dies dadurch zu erreichen versucht, daß ich zwei Druckarten im Texte einführte, und zwar eine kleinere für die historische Entwicklung der Fragen und für die Beweise und eine größere für die Hauptdarstellung,

so daß derjenige Leser, welcher sich für die historische Entwicklung und die Beweise nicht speciell interessirt, in dem Großgedruckten das für ihn Wichtige klar herausgehoben findet. Am Ende eines jeden Kapitels sind ferner, soweit wie es möglich war, die wichtigsten aus dem Abgehandelten sich ergebenden Folgerungen in kurzen Sätzen zusammengestellt, was, wie ich hoffe, manchem Leser beim Gebrauch des Buches im Interesse leichter Orientirung willkommen sein wird.

Bekanntlich ist das Material, welches vorliegt, ein ganz außerordentlich großes und zwar ist dieses größtentheils in den verschiedenen, sehr zahlreichen Zeitschriften der Culturvölker zerstreut, verbreitet. Soweit es nun in meiner Kraft gestanden hat, bin ich bemüht gewesen, alle Arbeiten, welche für die Besprechung der einzelnen Fragen von Wichtigkeit sind, aufzuführen, so daß ich zu hoffen wage, daß mir wirklich bedeutende nicht entgangen sein möchten. Da aber die Zahl der erscheinenden Journale eine sehr große ist und die Arbeiten der Versuchsstationen zum Theil in besondern schwer zugänglichen Jahresberichten niedergelegt werden, und es so dem Einzelnen, wenn er nicht sehr günstig situiert, nicht möglich ist, sämmtliche in die Hände zu bekommen, so wäre es möglich, daß mir einzelnes entgangen sein könnte; insoweit dies der Fall sein sollte, bitte ich um die gütige Nachsicht der Leser. Jeden Nachweis des Mangelnden werde ich dankbar entgegennehmen und für die Zukunft zu verwerthen bemüht sein.

Alle im Buche vorhandenen Angaben, mit Ausnahme sehr weniger, beruhen auf dem Studium von Original-Arbeiten; nur da, wo es mir unmöglich war, die directen Quellen zu erhalten, sind Arbeiten aus zweiter Hand benutzt worden. Die Angaben der Quellen in oder unter dem Texte habe ich nach reiflicher Ueberlegung unterlassen, weil dadurch der Text, wenigstens stellenweise, für manchen Leser sehr verunstaltet worden wäre. Es war nun meine ursprüngliche Absicht, die wichtigsten Quellenangaben, kapitelweise geordnet, am Ende des Bandes aufzuführen; leider bin ich durch betrübende Familienverhältnisse, welche

mich jüngst betroffen, hieran für den Augenblick verhindert worden und daher genöthigt diesen Band ohne die Quellenangaben erscheinen zu lassen, da ich die Publication desselben, welche an sich schon durch die politischen Constellationen dieses Jahres bedeutend verzögert ist, nicht länger hinausschieben möchte. Die Quellenangaben für diesen, sowie für den zweiten Band, werden am Ende des letzteren erfolgen. — Der Druck dieses Bandes begann im März dieses Jahres, zu welcher Zeit das Manuscript vollständig zum Abschluß gediehen war.

Akademie Waldau, im März 1866.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die neue Bearbeitung meines Lehrbuches, welche zu meiner Freude bereits seit längerer Zeit nothwendig geworden war, hat sich einerseits dadurch wesentlich verlangsamt, daß meine dienstliche Stellung meine Zeit in hohem Grade in Anspruch nimmt und andererseits dadurch, daß die seit Erscheinen der ersten Auflage so großartige Thätigkeit auf diesem Gebiete zahlreiche neue Arbeiten hervorgebracht hat, deren Verwerthung bei der Bearbeitung der neuen Auflage geschehen mußte. Da nun der Rahmen, in dem das Lehrbuch erschienen war, nicht irgend wie erheblich vergrößert und doch das bisherige Princip für die Bearbeitung aufrecht erhalten werden sollte, so erschwerte dies die Vollendung der neuen Auflage nicht unwesentlich. Die neuen Arbeiten haben eines Theiles dem in der ersten Auflage Gegebenen zur weiteren Bestätigung gedient, anderentheils aber auch bei manchen Sätzen wesentliche Veränderungen hervorgebracht. Die Folge hiervon für die neue Bearbeitung war die, daß manches was in erster Auflage aufgeführt ist, ganz wegfallen, anderes kürzer gefaßt, anderes in der Druckart geändert werden mußte. Ist der Verfasser bei der Bearbeitung der neuen Auflage den bei der ersten Bearbeitung befolgten Principien auch vollständig treu geblieben und schließt sich diese auch ganz eng an jene an, so hat aus den bereits angegebenen Gründen diese doch ein wesentlich neues Gewand erhalten.

Alle seit Erscheinen der ersten Auflage ausgeführten Versuche gleichmäßig für die neue zu bearbeiten war aus verschiedenen Gründen unmöglich: es hätte zunächst den Umfang des

Werkes außergewöhnlich vermehrt und dabei sicherlich dessen Brauchbarkeit in keiner Weise entsprechend erhöht. Der Verfasser hat daher vor allem nur die Arbeiten berücksichtigt, welche bisher vorliegende Resultate in schöner Weise bestätigten oder als Stützen neuer Auffassungen über diese und jene Frage dienten. Sagen mehrere ebenbürtige Versuchs-Resultate über dieselbe Frage vor, so konnte vor Allem nur eine, dem Buche entsprechend, benutzt und die anderen nur kurz angeführt werden.

Die aus den schon angegebenen Gründen bisher erfolgte langsame Bearbeitung der neuen Auflage und der schon seit längerer Zeit begonnene Druck sind die Ursache, daß in den ersten Bogen die allerneuesten Arbeiten nicht haben benutzt werden können.

Wie schon angedeutet, ist dem Zwecke des Werkes, das sowohl für den Fachmann, als auch für den Landwirth bestimmt ist, entsprechend auch in der neuen Auflage dadurch nachgekommen worden, daß zwei Druckarten ausgeführt sind, und zwar eine kleine für die historische Entwicklung der Fragen und für die Beweise und eine größere für die Hauptdarstellung.

Soweit es dem Verfasser ferner irgend möglich, beruhen auch wie in der ersten, so auch in der zweiten Auflage alle vorhandenen Angaben auf dem Studium von Originalwerken; nur da, wo es dem Verfasser unmöglich war, die directen Quellen zu erhalten, sind Bearbeitungen aus zweiter Hand benutzt worden.

Die Quellenangaben finden sich auch bei der neuen Auflage nicht unter dem Texte, sondern, kapitelweise geordnet, am Ende der betreffenden Bände.

Die freundliche Aufnahme, welche die erste Auflage, sowohl beim Publikum, als von Seiten der Kritik erfahren hat, möge dem Werke auch in dem neuen Gewande erhalten bleiben.

Versuchstation Pommritz, im Juni 1878.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Die Landwirthschaft einer der ersten Factoren der Landeswohlfahrt	1
Die Bedingungen der landwirthschaftlichen Production	3
Die Nährstoffe der Pflanzen .	4
Die organischen Bestandtheile der Pflanzen . .	5
A. Die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen	5
I. Die eiweißartigen Körper	5
1. Pflanzeneiweiß, Albumin	7
2. Der Kleber .	8
a. Para-Casein	9
b. Pflanzen-Fibrin	10
c. Mucin	11
d. Pflanzenleim	12
3. Legumin .	14
II. Die Alkaloide	15
a. Die sauerstofffreien Alkaloide	16
b. Die sauerstoffhaltigen Alkaloide	17
1. Alkaloide der Solaneen	17
2. Alkaloide der Strychnosorten	17
3. Alkaloide des Caffee's und des Thee's	18
4. Alkaloide der Chinarinde	18
5. Alkaloide des Opiums (Papaveraceen)	19
B. Stickstofffreie, organische Körper	19
I. Die Kohlenhydrate	19
1. Die Zuckerarten	20
a. Rohrzucker	20
b. Traubenzucker und Fruchtzucker	20
c. Sorbit	21
d. Melitose	21
e. Erycalyn	21
2. Dextrin	22
3. Amylum	22
 Heiden, Düngerlehre. I.	 A.

	Seite
4. Inulin	23
5. Eichenin	23
6. Cellulose	23
Anhang: a. Lignin	24
b. Cuticularsubstanz oder Korkstoff	25
7. Die Pflanzenschleime	25
II. Pektinkörper	26
III. Die Fette	27
a. Fettsäuren im engern Sinne	28
α. Stearinsäure, Talgsäure	28
β. Palmitinsäure	29
γ. Myristicinsäure	29
δ. Laurinsäure	29
b. Fettsäuren nach der Formel $C^{2n}H^{2n-2}O^4$	29
1. Oleinsäure oder Oelsäure	29
2. Olinsäure	29
3. Ricinusölsäure	29
4. Hypogäasäure	29
IV. Die Wacharten	30
V. Die ätherischen Oele und Campher	30
a. Kohlenwasserstoffe	30
b. Sauerstoffhaltige Oele	31
c. Schwefelhaltige, ätherische Oele	32
VI. Die Harze	32
a. Die Terpentinharze	33
b. Der Copal	33
c. Das Dammarharz	33
d. Der Mastix	33
e. Das Guajacharz	33
f. Der Gummilack, (Schellack, Körnerlack)	33
VII. Die Kautschukkörper	33
a. Der gemeine Kautschuk	34
b. Das Guttapercha	34
c. Biscin (Bogelleim)	34
VIII. Die Pflanzensäuren	34
1. Dralsäure (Kleefäure, Sauerkleefäure)	34
2. Ameisensäure	35
3. Traubensäure	35
4. Wein- oder Weinsteinensäure	35
5. Citronensäure	35
6. Apfelsäure	36
7. Die Gerbsäuren	36
a. Gallusgerbsäure	36
b. Gallussäure	37
XI. Pflanzenfarbstoffe	38
1. Das Chlorophyll (Blattgrün)	38
2. Farbstoffe der Blüthen	42
3. Der Indigo	42
4. Flechtenfarbstoffe	43
a. Orseille	43
b. Lackmus	44
5. Die Farbstoffe des Krapp	44

Erste Abtheilung.

Kapitel I.

Der Kohlenstoff.

	Seite
A. Der Boden als Kohlenstoffquelle der Pflanzen	46
a. Geschichtliche Entwicklung der Humustheorie	47
b. Ursprung und Eigenschaften des Humus	47
c. Stammt der Kohlenstoff der Pflanzen vom Humus her?	53
α. Der Gesamtkohlenstoff	53
β. Ob nicht ein Theil des Kohlenstoffs der Pflanzen direct vom Humus herrührt?	55
Anhang: Der Humus in seinen Beziehungen zum Pflanzenleben	58
a. Der Humus ist eine Kohlensäurequelle des Bodens	59
b. Der Humus ist eine Stickstoffquelle für die Pflanze	59
c. Der Humus als einer der Factoren, welche die Absorptionsfähigkeit des Bodens bedingen	60
d. Verdichtung von Luft im Boden	60
e. Bedeutung des Humus für die physikalischen Eigenschaften des Bodens	60
α. Einfluß auf die Lockerheit oder Bindigkeit zc. des Bodens	60
β. Verhalten des Humus zur strahlenden Wärme	60
B. Die Luft, die Kohlenstoffquelle der Pflanzen	61
a. Die atmosphärische Luft	61
b. Menge der atmosphärischen Luft	67
c. Berechnung des Sauerstoffverbrauches	68
1. Verbrauch durch den Athmungs-Proceß	68
α. Bei den Menschen	68
β. Verbrauch durch die Thiere	68
2. Durch den Verbrennungs-Proceß	68
α. Für häusliche Zwecke	68
β. Verbrennung für technische Zwecke	69
3. Verbrauch durch den Verwesungs-Proceß	69
d. Berechnung der durch diese Prozesse erzeugten Kohlensäure	70
e. Geschichtliche Darlegung der Ansichten über die Kohlensäure als Kohlenstoffquelle der Pflanzen	70
f. Die Saussure'schen Versuche	71
g. Die Versuche von Boussingault	72
h. Resultate dieser Versuche	73
i. Verhalten der Pflanzen während der Nacht gegen die Kohlensäure der Luft	74
k. Weitere Angaben über die Zerlegung der Kohlensäure durch die Pflanzen	77
α. Das Sonnenlicht u. s. w. betreffend	77
β. Die Wärme	80

	Seite
γ. Die Bestandtheile der Blätter und diese selbst	82
δ. Welche Blattseite übt auf die Zerlegung der Kohlensäure den größten Einfluß aus?	83
ε. Einfluß eines hohen Kohlensäuregehaltes der Luft auf die Pflanze	84
ζ. Der normale Wassergehalt der Blätter — die Turgeszenz	85
1. Die Organe der Aufnahme	85
m. Die Kohlensäure des Bodens und die Quellen derselben	86
n. Genügt die Kohlensäure der Luft dem Kohlenstoffbedarf der Pflanzen?	87
α. Verbrauch der Pflanzen an Kohlenstoff	88
β. Der Humus als Nährstoffquelle der Pflanzen	90
Kurze Wiederholung	91

Kapitel II.

Der Stickstoff.

1. Stammt der Stickstoff der Pflanzen aus dem ungebundenen Stickstoff der atmosphärischen Luft?	93
a. Geschichtliche Entwicklung der Frage	93
b. Die Arbeiten Boussingault's	94
c. Die Arbeiten von Wille	97
d. Vergleichung der Arbeiten von Boussingault und Wille	98
e. Die Arbeiten von Mène, Harting und Gunning, Lames, Gilbert und Pugh, ferner die von Roy, Pechholdt und Bretschneider	101
f. Folgerung aus diesen Arbeiten	102
2. Nährt der Stickstoff der Pflanzen theilweise oder ganz von der Salpetersäure her?	102
a. Entstehungsweise der Salpetersäure	102
1. Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Körper in Gegenwart von starken Basen	102
2. Entstehung von Salpetersäure durch elektrische Entladung	104
3. Die poröse Masse des Bodens besitzt bei Gegenwart von Alkalien oder alkalischen Erden die Eigenschaft, die Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff zu Salpetersäure zu bewirken	104
4. Entstehung von Salpetersäure durch die Verdunstung von Wasser und bei der Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger, organischer Körper	104
5. Bildung von salpetriger Säure, resp. Salpetersäure durch Drydation des Ammoniak's	106
α. Drydation des Ammoniak's durch Ozon	106
β. Drydation von Ammoniak im Boden zu Salpetersäure	107
b. Vorkommen der Salpetersäure	110
c. Ist die Salpetersäure in Betreff des Stickstoffes ein Nahrungsmittel für die Gewächse?	110
α. Die Versuche Boussingault's	111

	Seite
β. Die Versuche Wille's	111
γ. Die Versuche über das Wachsthum von Pflanzen in wässerigen Lösungen	111
d. Wird die Salpetersäure als solche von der Pflanze aufgenommen oder findet vor ihrer Aufnahme erst eine Verwandlung in Ammoniak statt?	113
3. Nährt der Stickstoff der Pflanzen vom Ammoniak her?	122
1. Quellen des Ammoniaks	122
a. Zerlegung stickstoffhaltiger, organischer Körper, — Pflanzen, Thiere —	122
b. Entstehung durch die Verdunstung von Wasser und durch die Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger, organischer Körper	125
c. Widerlegungen der Angaben, daß Wasserstoff in statu nascente das Vermögen besitze, sich mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak zu verbinden	125
α. Mulder's Beweise	126
β. Widerlegung der Mulder'schen Beweise	127
d. Widerlegung der Angaben, daß Humus säure die Eigenschaft besitzt, aus dem Stickstoff der Luft Ammoniak zu bilden	128
2. Vorkommen des Ammoniaks	129
3. Ist das Ammoniak eine directe Stickstoffquelle für die Pflanzen?	130
α. Die gegen diese Ansicht angeführten Gründe	130
β. Die für diese Ansicht sprechenden Gründe	134
Schlußbetrachtung über die Frage, ob das Ammoniak eine directe Stickstoffquelle für die Pflanzen ist?	143
4. Durch welche Organe wird das Ammoniak von den Pflanzen aufgenommen?	145
5. In welchen Verbindungen wird das Ammoniak durch die Wurzeln aufgenommen?	148
6. Reicht der in den meteorischen Niederschlägen in Form von Ammoniak und Salpetersäure enthaltene Stickstoff hin, um die Pflanzen mit dem ihnen nothwendigen Stickstoff zu versehen?	148
α. Beantwortung der Frage durch Nachweis des Bedarfs der Pflanzen an Stickstoff und des Gehaltes der atmosphärischen Luft an Stickstoffverbindungen	148
β. Direct angestellte Versuche	151
Kurze Wiederholung	152
U n h a n g I. Nimmt die Pflanze auch den Stickstoff in Form einer organischen Verbindung auf?	153
U n h a n g II. Salpetersäure-Gehalt des Regens, Nebels, Thaues, Quell-, Fluß- und Seewassers, sowie des Bodens	154
a. Des Regens	154
b. Im Schnee	155
c. Im Hagel	156
d. Im Nebel	156
e. Im Thau	156
f. Im Flußwasser	156
g. Im Seewasser	157
h. Im Quellwasser	157
i. Im Boden	159

	Seite
U n h a n g III. Ammoniakgehalt der Luft, des Regens, Nebels, Thaus, Quell-, Fluß- und Seewassers, sowie des Bodens	159
a. Der Luft	159
b. Des Regens	160
c. Des Hagels	163
d. Des Nebels	163
e. Des Thaus	164
f. Des Schnees	164
g. Des Flußwassers	164
h. Des Meerwassers	165
i. Des Teichwassers	166
k. Des Quellwassers	166
l. Des Bodens	167
U n h a n g IV. Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Ammoniak und Salpetersäure	168
Tabelle I. Gehalt eines Liter Regenwassers an Ammoniak und Salpetersäure in Milligrammen	169
Tabelle II. Gesamte Stickstoffmenge, welche in Form von Salpetersäure und Ammoniak einem Morgen Landes in den einzelnen Monaten und im Jahre durch die meteorischen Niederschläge zugeführt wird, in Grammen	170
Tabelle IV. Gesamtstickstoff pro Morgen in Grammen	170
Tabelle III. Ueber den Gehalt des Regenwassers an Ammoniak und Salpetersäure für 1 Liter in Milligrammen	171

Kapitel III.

Der Wasserstoff.

1. Die Quellen des Wasserstoffes	172
a. Das Ammoniak	172
b. Das Wasser	173
2. Wird das Wasser von den Pflanzen zerlegt oder nicht?	173
Kurze Wiederholung	175

Kapitel IV.

Der Sauerstoff.

1. Der Sauerstoff als Material für die Stoffzerzeugung in den Pflanzen	176
a. Die Quellen für den Sauerstoffbedarf der Pflanzen	176
b. Menge des von den Pflanzen ausgeschiedenen Sauerstoffes	177
2. Der Sauerstoff als directes Agens der chemisch vitalen Proceße in den Pflanzen. — Athmung der Pflanzen	179
a. Das Keimen	180

	Seite
b. Weiterer Einfluß des Sauerstoffs auf das Leben der Pflanze	192
c. Die Wärme der Pflanzen	192
d. Verhalten der Pflanzen in der Blüthe gegen den Sauerstoff	195
e. Verhalten des Sauerstoffs beim Reifen der Früchte	196
Die Athmung der Pflanzen	197
Kurze Wiederholung	200

Kapitel V.

Das Wasser.

Allgemeines	202
A. Die Eigenschaften des Wassers	202
a. Chemische	202
b. Physikalische	203
α. Die Verdampfung	203
Nebel und Wolken	203
β. Das Auflösungsvermögen des Wassers für feste, flüssige und gasförmige Körper	204
γ. Ausdehnung des Wassers beim Festwerden	204
δ. Das Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter	204
ε. Das Wasser hat die größte spezifische Wärme von allen festen und flüssigen Körpern	204
B. Das Vorkommen des Wassers	205
a. Meerwasser	205
b. Flußwasser, Quellwasser u. s. w.	207
c. Die meteorischen Wässer	209
C. Bedeutung des Wassers für die Pflanzen und Wassergehalt der letzteren	213
a. Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben	213
b. Wassergehalt der Pflanzen	213
D. Aufnahme des Wassers durch die Pflanzen	217
E. Die Verdunstung des Wassers durch die Blätter	220
a. Geschichtliche Entwicklung	220
b. Menge des von den Pflanzen transpirirten Wassers	223
c. Die Transpirationwirkungen	228
1. Die Größe der Verdunstung der Pflanzen ist eine sehr verschiedene	228
2. Auch bei derselben Pflanze ist die Transpiration eine sehr wechselnde	230
α. Die Wärme	230
β. Wassergehalt der Luft	230
γ. Das Licht	231
δ. Die Tageszeit	232
ε. Erschütterung der Pflanzen	232
ζ. Physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens	234
3. Verhältniß zwischen der Verdunstung einer Wasserfläche und einer gleich großen Blattoberfläche	237

	Seite
F. Das durch das Regenwasser während der Vegetation zur Ackererde geführte Wasser deckt den Wasserbedarf der Pflanzen nicht	238
a. Die Regenmenge	238
b. Wieviel von der durch den Regen zum Boden gelangenden Wassermenge verbleibt der Vegetation?	241
c. Bedarf der Pflanzen an Wasser	250
G. Andere Quellen für den Wasserbedarf der Pflanzen	250
1. Die atmosphärischen Niederschläge des Herbstes und des Winters	250
2. Der Thau	252
3. Das Condensationsvermögen des Bodens für Wassergas	252
Kurze Wiederholung	256

Zweite Abtheilung.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Erster Abschnitt.

Die Pflanzen und ihre Aschenbestandtheile.

Kapitel I.

Die Aschenbestandtheile der Pflanzen.

1. Geschichtliches	260
2. Aschenmenge der landwirthschaftlich wichtigen Theile der Hauptfamilien unserer Culturpflanzen	261
3. Die Bestandtheile der Asche der Pflanzen	262
4. Die für die Pflanzen nothwendigen Mineralstoffe	262
a. Die Versuche von Salm-Horstmar und deren Resultate	262
b. Die Versuche über das Wachsthum der Pflanzen in wässerigen Lösungen	265
a. Geschichtliches	265
β. Die Versuche in wässerigen Lösungen	267
γ. Die Resultate dieser Versuche	269
δ. Die andern in den Pflanzen gefundenen unorganischen Stoffe	269
Kurze Wiederholung	271

Kapitel II.

Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanzen.

1. Allgemeines	273
2. Die Pflanzen besitzen ein Wahlvermögen	273

	Seite
3. Die Pflanzen besitzen kein Wahlvermögen. Die Endosmose und Exosmose — Membrandiffusion	275
4. Construction der Wurzelspitzen	278
5. Anwendung der endosmotischen Geseze auf die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze	279
6. Die verschiedenen Pflanzen brauchen die einzelnen Nährstoffe, in verschiedenen Mengen und nicht in dem Verhältniß in dem sie in dem Medium, in welchem sie leben, enthalten sind	279
α. Die Versuche Saussure's	280
β. Die Versuche von Goryunow-Besanez	281
γ. Die Untersuchungen von W. Wolff	282
7. Erklärung der Aufnahme der Nährstoffe nach den endosmotischen Gesezen	286
α. Abhängigkeit der Aufnahme von dem Verbrauch der Stoffe durch die Pflanze	286
β. Abhängigkeit der Aufnahme von der Verdunstung	287
γ. Ablagerung von festen Stoffen im Zellsaft	288
Kurze Wiederholung	289

Kapitel III.

Das Absorptionsvermögen.

Geschichtliches	291
1. Absorptionsvermögen des Bodens	292
1. Für Ammoniak	292
2. Für Kali	304
3. Für Natron	314
4. Für Kalkerde	316
5. Für Magnesia	319
Folgerungen für die Basen	321
6. Für Kieselsäure	322
7. Für Phosphorsäure	323
Folgerungen	333
8. Für Schwefelsäure und Chlor	334
9. Für Salpetersäure	334
2. Verhalten der absorbirten Stoffe gegen Wasser	336
1. Verhalten des Wassers gegen das von dem Boden absorbirte Ammoniak	336
2. Verhalten von Wasser u. s. w. gegen das vom Boden absorbirte Kali	338
3. Verhalten des Wassers gegen das vom Boden absorbirte Natron und die absorbirte Kalkerde	342
4. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte Magnesia	342
Folgerungen	343
5. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte Kieselsäure	343

	Seite
6. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden abforbirt Phosphorsäure	344
Folgerungen	345
3. Ursachen der Absorption	345
A. Der Basen	345
1. Die Erklärung von Way	346
2. Die Erklärung von Brustlein und Peters	347
3. Kautenberg's erste Erklärung	347
4. Mulder's Ansicht über die Ursachen der Absorption	349
5. Kautenberg's zweite Erklärung	351
6. Meine Versuche über die Ursache der Absorption	351
a. Versuche zur Erforschung der Absorptionsfähigkeit der wasserhaltigen Silikate	351
α. Absorptions-Versuche mit einer Anzahl von Acker- erden	354
β. Versuche mit künstlich dargestellten Silikaten	358
γ. Wie wirken die Silikate bei der Absorption?	362
b. Versuche zur Erforschung des Absorptionsvermögens der Humuskörper	362
α. Die Versuche	366
β. Die Schlüsse aus diesen Versuchen	367
c. Erklärung der Absorptions-Erscheinungen nach den so- eben beschriebenen Versuchen	367
1. Der chemische Act bei der Absorption	368
2. Der mechanische Act der Absorption	371
B. Der Säuren	371
1. Phosphorsäure	371
2. Kieselsäure	372

Kapitel IV

1. Das Drainwasser	373
2. Liebig's Theorie von der Aufnahme der Pflanzennährstoffe durch die Pflanze	380
3. Beleuchtung der v. Liebig'schen Theorie	382
4. Besprechung der Arbeiten, welche pro und contra der v. Lie- big'schen Theorie erschienen	384
a. Die Arbeiten von Eichhorn und Wunder	384
b. Die Arbeit Schuhmacher's	385
c. Entgegnungen von Wunder und Zöllner	386
d. Antwort Schuhmacher's (Versuch von Karmrodts)	387
e. Versuch von Stohmann	387
f. Die Arbeiten von Fesca	388
5. Die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze	389
a. Die äußere Thätigkeit der Pflanzen bei der Aufnahme ihrer Nährstoffe	390
6. Die innere oder chemische Thätigkeit der Pflanzen bei der Auf- nahme	392
7. In welcher Verbindung treten die Nährstoffe in die Pflanzen ein?	394
a. Die Basen	394
α. Kali	394

	Seite
β. Ammoniak	395
γ. Natron	395
δ. Kalk	396
ε. Magnesia	396
ζ. Eisen	396
b. Die Säuren	396
α. Phosphorsäure	396
β. Schwefelsäure	398
γ. Kieselsäure	398
δ. Salpetersäure	398
ε. Chlor	399
Kurze Wiederholung	399

Kapitel V.

Aschengehalt der Trockensubstanz und Zusammensetzung der Asche bei den wichtigsten Culturpflanzen und deren Theile	402
Aschengehalt der Trockensubstanz und Zusammensetzung der Asche in Procenten	403
Cerealien	403
Winterweizen.	403
Sommerweizen	405
Winterroggen	406
Sommerroggen	408
Gerste	409
Hafer	410
Mais	413
Buchweizen	414
Leguminosen	414
Erbsen	414
Bohnen	416
Linsen	418
Wicken	418
Rothklee	420
Weißklee	420
Serradella . .	420
Steyrischer Klee	420
Esparsette	421
Blaue Lupine	421
Weiße Lupine	421
Gelbe Lupine	421
Handelspflanzen	422
Raps	422
Lein	423
Hanf	425
Hopfen	425
Tabak	427
Krapp	427
Wurzelgewächse	427
Runkelrüben	427
Turnips .	429
Stoppelrüben	430

	Seite
Sichorien .	430
Mohrrüben	430
Zuckerrüben .	431
Knollengewächse	432
Kartoffel	432
Heu	433
Wiesenheu .	433
Rothes Kleeheu .	435
Wundklee	436
Steinklee	437
Bastardklee	437
Weißklee: Heu	437
Hopfenklee: Heu	437
Heu von Luzerne .	438
Heu von Esparsette .	438
Italienisches Raygras	439
Thimotheegras	439
Zusammenstellung der gewonnenen Mittelzahlen	440

Kapitel VI.

1. Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Organen der Pflanzen .	445
A. Bei den Cerealien	446
B. Bei den Leguminosen	447
C. Bei den Cruciferen .	449
D. Bei den Wurzel- und Knollengewächsen .	449
2. Zusammensetzung der Asche in den verschiedenen Perioden der Entwicklung der Pflanzen	450
A. Bei den Cerealien	451
B. Bei den Leguminosen .	454
C. Bei den Wurzelgewächsen	455
D. Bei den Knollengewächsen .	456
3. Welchen Einfluß übt die äußere Entwicklung auf die Zusammensetzung der Asche der Pflanzen aus?	457
4. Welchen Einfluß übt die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens auf die Zusammensetzung der Asche der Pflanzen aus?	460
5. Welchen Einfluß hat die Düngung auf die Zusammensetzung der Asche der Pflanzen?	464
6. Bedeutung der Mineralstoffe für das Pflanzenleben .	466
1. Die Basen	466
a. Die Funktion derselben .	466
b. Die Vertretbarkeit der Basen untereinander	474
c. Die Verbindungen, in denen die Basen in den Pflanzen vorkommen .	476
α. Kali	476
β. Natron	476
γ. Kalkerde	476
δ. Magnesia	477
ε. Eisenoxyd	477
2. Die Säuren	477
α. Phosphorsäure	477

β. Schwefelsäure	Seite 481
γ. Kieselsäure	481
δ. Chlor	482

Zweiter Abschnitt.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen und ihr Vorkommen in der Natur.

Kapitel I.

Die Aschenbestandtheile der Pflanzen und die Mineralien, in welchen sie vorkommen.

I. Das Kali .	483
1. Kieselsaure Verbindungen	483
A. Wasserfreie Silikate	483
a. Orthoklas oder Kali-Feldspath	483
b. Glasiger Feldspath, Sanidin	486
c. Die Glimmerarten	486
α. Kaliglimmer	487
β. Magnesiaglimmer	488
γ. Lithionglimmer	489
d. Leucit	490
e. Nephelin	490
B. Wasserhaltige Silikate	491
2. Kieselsäurefreie, kalihaltige Verbindungen	492
a. Salpeter	492
b. Schwefelsaures Kali.	492
c. Chlorkalium	492
II. Natron	493
1. Kieselsaure Verbindungen	493
a. Wasserfreie Silikate	493
α. Albit oder Natronfeldspath	493
β. Andesin	494
γ. Oligoklas	494
b. Wasserhaltige Silikate	495
2. Verbindungen ohne Kieselsäure	495
III. Kalkerde	497
1. Die Silikate	497
A. Wasserfreie Silikate	497
a. Labrador	497
b. Anorthit	498
c. Epidot	499
d. Augit	499
e. Hornblende	500
B. Wasserhaltige Silikate	501
2. Kieselsäurefreie Verbindungen	502
a. Kohlensaurer Kalk	502
α. Kalkspath	502
β. Arragonit	503

	Seite
b. Schwefelsaurer Kalk	503
a. Anhydrit	503
β. Gyps	503
c. Phosphorsaurer Kalk	503
IV. Magnesia	504
a. In Verbindung mit Kieselsäure	504
α. Talk	504
β. Speckstein	504
γ. Serpentin	504
b. In Verbindung ohne Kieselsäure	505
α. Kohlen saure Magnesia	505
Magnesit	505
Dolomit	505
β. Schwefelsaure Magnesia (Bittersalz)	506
V. Eisen	506
VI. Mangan	506
VII. Kieselsäure	506
1. Unlösliche Kieselsäure	507
a. KrySTALLisirte Kieselsäure	507
b. Amorphe Kieselsäure	507
2. Lösliche Kieselsäure	507
VIII. Schwefelsäure	508
IX. Chlor	508
X. Phosphorsäure	508
1. Apatit (Phosphorit)	508
2. Coprolithen und Osteolithen	514
3. Guano sorten	514
4. Die Knochen	515
5. Die phosphorsäurehaltigen Mineralien	515
Anhang	517
Gesteins-Analysen	518

Kapitel II.

Verwitterung der Gesteine und Mineralien.

1. Die Gesteine sind meistens aus mehreren Mineralien zusammenge setzt	522
2. Allgemeine Betrachtung über den Zerfall der Gesteine	523
3. Verwitterung der Mineralien	524
A. Die einzelnen Factoren der Verwitterung	524
a. Das Wasser	525
α. Chemische Aufnahme von Wasser. — Hydratbildung	525
β. Auflösung von Stoffen	525
b. Die Kohlen säure	528
c. Sauerstoff	529
d. Kali-, Natron-, Ammoniak- und Kalksalze	530
B. Die Verwitterung selbst	533
a. Verwitterung der Feldspäthe	534
b. Verwitterung der Glimmerarten	538
c. Verwitterung der Hornblende und des Augits	538
d. Schlußbemerkung	539

Kapitel III.

Der Boden.

	Seite
Allgemeines	540
Die Bestandtheile des Bodens	540
A. Die für die physikalischen Eigenschaften des Bodens wichtigsten Bestandtheile desselben	541
a. Der Thon	541
b. Sand	543
c. Kalk	543
d. Magnesia	544
e. Die Gesteinstrümmel	544
B. Die Pflanzennährstoffe des Bodens und die Verbindung, in der sie in demselben enthalten sind	545
a. Die Verbindungen, in welchen die Basen im Boden vorkommen	546
b. Die Verbindungen der Phosphorsäure im Boden	552
c. Die Verbindungen der Schwefelsäure und des Chlors	552
Die organo-mineralische Substanz Grandeau's	552
C. Die chemische Analyse des Bodens	560
D. Die physikalischen Eigenschaften der Ackererden	563
a. Die wasserfassende und wasserhaltende Kraft des Bodens	563
b. Condensations-Vermögen des Bodens für Wassergas	571
c. Condensations-Vermögen des Bodens für andere Gase	572
d. Bindigkeit und Lockerheit des Bodens	577
e. Die Bodenwärme	578
Anhang: 100 Kilogramm der nachbenannten Feldfrüchte enthalten an Aschenbestandtheilen in Kilogrammen	583

Fehlerverzeichnis.

Seite	52	Zeile	3	von	oben	lies:	stickstofffrei	statt:	stickstofffreie.								
"	126	"	15	"	"	lies:	Mulder's	Beweise	statt: Muder's	Beweise.							
"	127	"	13	"	unten	lies:	ganz	statt:	ganzen.								
"	141	"	5	"	oben	lies:	darthut	statt:	darthuen.								
"	170	"	3	"	"	lies:	meteorische	statt:	meterologische	Nieder- schläge.							
"	179	"	12	"	"	ist	vor	so	"eine"	zu	ergänzen.						
"	184	"	6	"	"	lies:	zu	setzen	statt:	zu	ersetzen.						
"	184	"	8	"	unten	lies:	diese	statt:	dieses.								
"	223	"	2	"	oben	lies:	verhält	statt:	verhalten.								
"	224	"	23	"	"	lies:	Puffbohnen	statt:	Puffbohnen.								
"	267	"	14	"	unten	lies:	dieselben	statt:	dieselbe.								
"	270	"	6	"	oben	lies:	Tabak	statt:	Taback.								
"	274	"	7	"	"	lies:	Anderen	statt:	Andere.								
"	274	"	5	"	unten	fehlt:	Magnesia.										
"	385	"	20	u. 21	unten	lies:	einem	oberen	und	einem	unteren	statt:	einen	oberen	und	einen	unteren.

Einleitung.

§ 1.

Die Landwirthschaft einer der ersten Factoren der Landeswohlfahrt.

Die Landwirthschaft ist, sowohl wegen ihrer großen Verbreitung, als wegen ihrer Bedeutung als Gewerbe einer der wichtigsten Factoren der National-Wohlfahrt.

Ihre große Verbreitung als Gewerbe zeigen folgende Zahlen:

In dem fabrikreichen Großbritannien und Irland lebten im Jahre 1831 in runder Summe 24 Millionen Menschen; von diesen nahm die ländliche Kultur $12\frac{1}{2}$ Millionen Menschen in Anspruch und zwar vertheilten sie sich in der Art, daß auf England fast $\frac{1}{4}$, auf Schottland $\frac{1}{3}$, auf Irland $\frac{5}{7}$ und auf Wales mehr als die Hälfte kamen.

In Frankreich betrug 1830 die Seelenzahl 24,184,208, von welcher die ländliche Bevölkerung 18,845,411 Seelen, also $\frac{3}{4}$ ausmachte.

In Preußen waren im Jahre 1837 von 14,098,120 Seelen in den Städten 3,639,446, so daß also fast $\frac{3}{4}$ der sämmtlichen Bevölkerung mit dem Landbau beschäftigt war. Wenn hierbei erwogen wird, daß in den kleinen Städten auch noch ein großer Theil der Bewohner Ackerbürger sind, so können mehr als $\frac{3}{4}$, fast $\frac{4}{5}$ der ganzen Bevölkerung als mit dem Ackerbau beschäftigt betrachtet werden. Es stellt sich dies Verhältniß für die einzelnen Theile natürlich verschieden heraus. So betrug die Zahl der ländlichen Bevölkerung

im Regierungsbezirk	Düsseldorf	461,000	von 759,000,	d. i. 61 $\frac{0}{0}$,
"	"	Stettin	316,000	" 452,000, d. i. 70 $\frac{0}{0}$,
"	"	Gumbinnen	496,000	" 556,000, d. i. 90 $\frac{0}{0}$.

Diese wenigen Zahlen genügen als Beweis für die große Verbreitung des landwirthschaftlichen Gewerbes und thun dar, daß die landbautreibende Bevölkerung in allen Kulturstaaten einen sehr bedeutenden Bruchtheil des Ganzen ausmacht, ja daß in einigen Landestheilen die Bevölkerung fast ausschließlich mit dem Landbau beschäftigt ist.

Die hohe Bedeutung der Landwirthschaft für die Nationalwohlfahrt besteht ferner in der Wichtigkeit der von dem Landwirth erzeugten Producte für die Bewohner des Staates, und in dem Einfluß, welchen der Landbau auf die körperliche und sittliche Bildung der Menschen ausübt.

Was zunächst die Wichtigkeit der landwirthschaftlichen Producte anbetrifft, so ist der Landwirth ja derjenige, welcher für die Erhaltung der Bevölkerung eines Staates zu sorgen hat: er producirt die Rohstoffe, welche für die Ernährung der Menschen erforderlich sind.

Ueber die Bedeutung der Nahrungsmittel sagt Adam Smith: „Die Nahrungsmittel bilden nicht nur den vornehmsten Theil des Reichthums dieser Welt, sondern es ist der Ueberfluß an Nahrungsmitteln, welches vielen andern Gütern ihren hauptsächlichsten Werth verleiht.“ Ferner: „Die Bevölkerung eines Landes richtet sich nicht nach der Menschenzahl, welche es mit Kleidung und Wohnung, sondern nach der, welche es mit Nahrung versehen kann. Ist letztere vorhanden, dann ist es auch leicht, erstere anzuschaffen.“

Der Landwirth producirt aber nicht nur die Rohstoffe, welche zur Ernährung der Bewohner eines Staates unentbehrlich, sondern auch solche, welche für die Bekleidung und andere Bedürfnisse der Menschen erforderlich sind. Er liefert uns durch die Pflanzen-Production in dem Weizen und Roggen das Brodkorn, in der Gerste und dem Hopfen die Materialien für die Bierbereitung, in der Kartoffel ein für alle Klassen unentbehrliches Nahrungsmittel, in der Zuckerrübe den Zucker, in den Delfrüchten unter Anderem Beleuchtungs-Materialie, im Flachs und Hanf einige der nothwendigsten Gewebs-Materialien; durch die Thier-Production werden Fleisch, Milch und Wolle geschaffen; durch die Pferdezuucht speciell endlich ein unentbehrliches Transportmittel und ein Maschinenmotor hergestellt, dessen Bedeutung durch den Dampf zwar beeinträchtigt, aber nicht aufgehoben werden kann.

Die Wichtigkeit der Landwirthschaft in dieser Hinsicht ist gewiß eine ganz außerordentlich große; sie zeigt auch zugleich, daß dem Landwirth die heiligsten Pflichten obliegen, zu deren Erfüllung er sich mit den erforderlichen Kenntnissen zu wappnen hat.

Den Einfluß, welchen die Landwirthschaft auf die körperliche Ausbildung und sittliche Bildung des Menschen ausübt, sehen wir in erster Reihe z. B. bei Vergleichung der Körper-Constitution des kräftigen, ländlichen Arbeiters mit dem ver-

hältnißmäßig schwächeren Fabrikarbeiter, in zweiter Reihe in der Erhaltung der religiösen Gefühle und der Liebe zum Vaterland und zur Familie.

Dieser bedeutende Einfluß der Landwirthschaft auf die Landeswohlfaht wird auch durch die Geschichte in einer Weise bestätigt, daß es nur des Hinweises auf dieselbe bedarf, um dies darzuthun.

§ 2.

Die Bedingungen der landwirthschaftlichen Production.

Der Landwirth ist also Producent und muß als solcher die Bedingungen seiner Production kennen. Der Landwirth der Jetztzeit hat, wenn wir den Feldbau näher ins Auge fassen, nicht die Aufgabe, Pflanzen zu ziehen und so Ernten zu erhalten, sondern er soll von einer bestimmten Fläche den höchst möglichen Ertrag zu erzielen suchen. Zur Erfüllung dieser Aufgabe genügt es aber für ihn nicht mehr zu wissen, daß er durch den Einfluß der Luft, des Lichtes, der Wärme und des Wassers, sowie durch Bodenbearbeitung und Zufuhr von Düngemitteln Pflanzen und dadurch Ernten erhalten kann, sondern er muß bestrebt sein, den Antheil kennen zu lernen, welchen diese einzelnen Factoren an dem Wachsthum der Pflanzen nehmen.

Jeder weiß, daß ein Stück Land, welches die für das Wachsthum der Pflanzen nothwendigen Nährstoffe nicht besitzt, trotz der besten klimatischen Verhältnisse, des schönsten Sonnenscheins und des fruchtbringendsten Regens keine Ernten bringen kann.

Jeder kennt ferner den außerordentlich bedeutenden Einfluß, den die klimatischen Verhältnisse auf das Wachsthum der Pflanzen ausüben, Jeder weiß aber auch, daß der Mensch auf dieselben keinen, oder, wenn wir die Folgen der Austrocknung von Sümpfen, des Anbaues oder der Ausrottung von Wäldern ins Auge fassen, wenigstens nur einen verhältnißmäßig geringen Einfluß ausüben kann; er kann nicht heute regnen und morgen die Sonne scheinen lassen. Wir können daher bei den klimatischen Factoren des Pflanzenwachsthums hauptsächlich nur bemüht sein, den Antheil, welchen sie an demselben nehmen, zu studiren, um so dieselben so weit als möglich zu unserm Nutzen zu gebrauchen.

Außer der Wärme, dem Lichte und dem Wasser sind die weiteren Factoren des Pflanzenwachsthums die Luft und der Boden, welche den Pflanzen die ihnen nothwendige Nahrung

darbieten sollen und von denen der letztere denselben außerdem noch den nöthigen Halt zu gewähren hat. Die Nahrungsmittel, welche die Pflanzen gebrauchen und welche Luft und Boden darbieten, glauben wir im Allgemeinen zu kennen, ebenso sind uns viele der physikalischen Verhältnisse bekannt, unter denen die Pflanzen wachsen und gedeihen. Die von der Luft den Pflanzen dargebotenen Nahrungsstoffe sind immer dieselben und können nie versiegen; anders ist es dagegen mit denen, welche der Boden enthält. Wenn für diese nichts gethan wird, so müssen sie auch dem fruchtbarsten Boden mit der Zeit durch die Ernten entzogen werden und deshalb muß er verarmen. Dieser Verarmung des Bodens vorzubeugen, ist nun die Aufgabe der Düngerlehre, unter welcher wir demnach die Lehre von denjenigen Mitteln zu verstehen haben, durch die wir einerseits die Fruchtbarkeit eines Feldes erhalten und womöglich vermehren, andererseits arme Felder ertragsfähiger machen können.

Unter Fruchtbarkeit des Bodens ist hierbei zweierlei zu verstehen. Ein Boden ist nur dann fruchtbar, wenn er die den Pflanzen zu ihrem Gedeihen nothwendigen Nährstoffe in aufnahmefähigem Zustande enthält und wenn auch seine physikalischen Eigenschaften sich dem Pflanzenwachsthum günstig verhalten. Die Beförderung der letzteren ist Sache der Bodenbearbeitung und der Düngung.

§ 3.

Die Nährstoffe der Pflanzen.

Um die richtigen Mittel zur Hervorbringung, resp. Erhaltung der Fruchtbarkeit eines Bodens anwenden zu können, müssen wir die Bedingungen zur Fruchtbarkeit genau kennen. Die Nährstoffe, welche die Pflanze gebraucht, lernen wir natürlich am besten durch die Untersuchung der Pflanzen selbst kennen. Setzt man eine Pflanze höherer Temperatur aus, so wird ein Theil derselben zerstört, der in Form von Gasen in die Atmosphäre entweicht, während ein anderer zurückbleibt, der auch durch noch so lange anhaltendes Glühen nicht verflüchtigt werden kann. Dieses Experiment macht man täglich beim Verbrennen von Holz auf dem Heerde oder im Ofen und beim Rauchen einer Cigarre oder Pfeife. Das durch die Wärme Zerstörbare nennen wir den organischen Bestandtheil, oder besser die organischen

Bestandtheile der Pflanzen, den beim Verbrennen der Pflanzen bleibenden Rückstand die Asche, oder die Aschen- oder unorganischen Bestandtheile.

Die Zahl der zusammengesetzten organischen Bestandtheile der Pflanzen ist eine sehr große, dagegen bedarf dieselbe nur weniger einfacher Stoffe, um dieselben zu bilden. Diese sind: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und bei einigen noch Schwefel.

Größer ist dagegen die Zahl derjenigen Körper, aus welchen die Asche der Pflanzen zusammengesetzt ist. Untersucht man die Asche der Pflanzen, so findet man in derselben eine Reihe von Basen und Säuren.

An Basen:	An Säuren:
Kali,	Phosphorsäure,
Natron,	Schwefelsäure,
Lithion,	Kieselsäure,
Rubidiumoxyd,	Kohlensäure,
Cäsiumoxyd?	Chlor,
Kalkerde,	Brom,
Magnesia,	Jod,
(Thonerde),	(Fluor).
die Oxyde des Eisens und Mangans, (Kupferoxyd).	

Die organischen Bestandtheile der Pflanzen.

Da die Kenntniß der organischen Bestandtheile der Pflanzen für das Verständniß der Düngerlehre durchaus nothwendig ist, so möge eine kurze Beschreibung der organischen Körper folgen, wobei natürlich nur die zu berücksichtigen sein werden, welche in den Pflanzen natürlich vorgebildet und häufiger vorkommen.

§ 4.

A. Die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen.

I. Die eiweißartigen Körper.

Dieselben bilden äußerst complicirte, stickstoffreiche, indifferente, nicht flüchtige und im trocknen Zustande stets feste Körper. In den Pflanzen kommen sie theils gelöst, theils fest, stets unkrystallisirt (amorph) vor. Im reinen Zustande sind sie geruch-

los, farblos oder schwach gelblich gefärbt und ohne besonderen Geschmack. Sie sind ohne Zersetzung nicht schmelzbar und nicht zu verflüchtigen; wenn sie schmelzen, so ist vorher eine Zersetzung derselben eingetreten. Alle zu dieser Gruppe gehörenden Körper bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel und enthalten nach Mulder noch oxydirten Phosphor; sie sind ferner in der Natur stets von unorganischen Körpern begleitet, unter welchen vor Allem die phosphorsauren Salze eine wichtige Rolle spielen.

Die eiweißartigen oder albuminartigen Stoffe oder Proteinkörper, wie sie auch noch genannt werden, kommen in den Pflanzen ganz allgemein vor; wir finden sie in jeder lebensfähigen Zelle, entweder im Zellsaft derselben gelöst, oder als schleimig-körnige, oder reinkörnige Massen daselbst abgelagert. In größter Menge sind sie in dem vollsaftigen Zellgewebe aller jungen Pflanzentheile und in den Samen enthalten; die geringsten Mengen zeigen sich dagegen da, wo das Wachsthum schon abgeschlossen ist, also in den Blättern und Stengeln der krautartigen Pflanzen nach vollendeter Fruchtbildung, im Holzkörper und in den Laubabfällen der ausdauernden Gewächse.

Mulder stellte, um das Gemeinsame in der großen Reihe der eiweißartigen Stoffe darzuthun, eine allgemeine quaternäre, d. h. aus vier verschiedenen Elementen zusammengesetzte Elementengruppe auf, welche er Protein (von *πρωτος*, der erste, wichtigste, oder von *πρωτεω*, ich nehme die erste Stelle ein) nannte und von welcher er behauptete, daß dieselbe allen diesen sog. eiweißartigen Stoffen zu Grunde liege und daß durch Verbindung des Proteins mit Schwefel und Phosphor die verschiedenen eiweißartigen Körper entstünden. Diesem Protein, welches Mulder durch Auflösen des Eiweißkörpers in verdünnter Kalilauge und Ausfällung durch Essigsäure erhielt, gab er die Formel $10(C^{40}H^{31}N^5O^{12})$ ¹⁾. Obgleich dann von Liebig und Laszkowski auf den Schwefelgehalt des Proteins aufmerksam gemacht und erklärt war, daß die schwefelfreie Darstellung desselben ohne gleichzeitige Zersetzung nicht möglich sei, blieb Mulder bei seiner Ansicht und erklärte später, daß nicht Schwefel und Phosphor, sondern sog. Sulphamid (NH^2S) und Phosphamid (NH^2P) mit dem Protein verbunden sei, ohne daß jedoch diese Erklärung bei den Chemikern allgemeinen Eingang fand. Trotzdem ist der Name Proteinkörper für diese Gruppe von Körpern allgemein beibehalten worden.

Die allgemeinen Eigenschaften derselben sind: Gelbfärbung durch Jod und Salpetersäure, Violettfärbung durch concentrirte Salzsäure, rothe Färbung durch salpetrige Säure enthaltendes salpeterfaures Quecksilberoxydul (sog. Million'sches Reagens), Rothfärbung durch Zucker und concentrirte Schwefelsäure (Schulze); (diese Farbenercheinungen haben vor Allem

¹⁾ C = Kohlenstoff,	H = Wasserstoff,
N = Stickstoff,	O = Sauerstoff,
S = Schwefel,	P = Phosphor.

für den Mikroskopiker großen Werth); Löslichkeit in Alkalien, aus welchen Lösungen sie durch verschiedene Säuren gefällt werden. Die essigsauren Lösungen der Proteinkörper werden durch rothes und gelbes Blutlaugensalz gefällt, was jedoch durch freies Alkali verhindert wird; dies unterscheidet sie von den leimartigen Substanzen. Dieselben Lösungen werden ferner noch durch verschiedene Salze, wie phosphorsaures Natron, essigsaures Natron, Chlorammonium, schwefelsaure Magnesia gefällt.

Der Stickstoffgehalt derselben wird bisher durchschnittlich zu 16 % angenommen, welche Zahl jedoch wohl bald, wie die Untersuchungen Ritthausen's zeigen, erhöht werden muß. Da nun die Proteinkörper sich bis jetzt nur sehr schwierig, oder gar nicht in reinem Zustande abscheiden und bestimmen lassen, so wird die Menge derselben dadurch bestimmt, daß man die betreffende proteinhaltige Substanz der Elementaranalyse unterwirft und den so erhaltenen Stickstoff mit 6,25 multipliziert; die so erhaltene Zahl drückt dann die Menge der eiweißartigen Substanz aus. Daß diese Art der Bestimmung durchaus keine genaue und befriedigende ist, wird die nachherige Betrachtung der einzelnen Proteinkörper zeigen. Hier sei nur noch bemerkt, daß außer den Proteinkörpern in den Pflanzen noch andere stickstoffhaltige Körper vorkommen, z. B. Ammoniak (Salpetersäure) u. s. w., deren Stickstoff durch die Elementaranalyse ebenfalls erhalten und der vielfach, aber fälschlich als Stickstoff von Proteinkörpern mit in Berechnung gezogen wird.

§ 5.

Specielle Betrachtung der Proteinkörper.

1. Pflanzeneiweiß, Albumin.

Dasselbe gerinnt nicht freiwillig, sondern durch Erhitzen bei 55—75 °C. und zwar in Flocken. Die Gerinnungs-Temperatur wird durch die Gegenwart freier Alkalien, organischer Säuren und durch Verdünnung mit Wasser erhöht und durch Alkalisalze erniedrigt. Durch Lab und Kohlensäure gerinnt es nicht; dagegen durch die einbasische Phosphorsäure und Alkohol. Die meisten Salze der Erden und schweren Metalloxyde bilden mit dem Eiweiß unlösliche Verbindungen.

Seine Zusammensetzung ist, wie folgt, gefunden:

	Eiweiß aus Weizen	Eiweiß aus Roggen	Eiweiß aus Linsen	Eiweiß aus Kartoffeln
Kohlenstoff	53,70	54,74	53,10	53,10
Wasserstoff	7,10	7,77	7,20	7,20
Stickstoff	15,70	15,92	—	15,60
Sauerstoff	22,50	21,62	—	22,13
Schwefel	1,00		0,80	0,97

Das gelöste Eiweiß ist in den Pflanzen sehr verbreitet und wohl als der wichtigste Bestandtheil der Nahrungssäfte anzusehen. Es kommt stets neben Salzen und kleinen Fettmengen vor, in den meisten Fällen wohl auch neben etwas Alkali, weshalb die meisten natürlichen Lösungen desselben schwach alkalisch reagiren. Von allen Proteinkörpern wird das lösliche Eiweiß sicherlich in größter Menge erzeugt und ist für das Leben der Zelle unentbehrlich. Seine Löslichkeit und allgemeine Verbreitung machen dasselbe zu demjenigen Eiweißkörper, welcher den meisten Umsetzungen unterworfen ist, und so zu den verschiedenartigsten Lebenszwecken verwandt werden kann; es liefert hierbei entweder unmittelbar das Material zur Erzeugung anderer Stoffe oder veranlaßt mittelbar verschiedene Umsetzungen der andern Bestandtheile.

Die Zersetzung organischer Substanzen, (z. B. Fleisch, Hülsenfrüchte), beim Tode, d. h. nach dem Aufhören der Lebensthätigkeit, wird durch das lösliche Eiweiß eingeleitet, so daß diese am besten durch Unlöslichmachung desselben (durch Erwärmen bis zum Kochpunkt, oder durch Wasserentziehung [Austrocknung]) conservirt werden.

§ 6.

2. Der Kleber.

Von diesem, so von Einhof für den von Beccari eingeführten Namen Gluten getauften Bestandtheil des Weizens, wies schon L a d d e i im Jahre 1820 nach, daß er aus zwei Körpern, von denen der eine in heißem Alkohol löslich, der andere darin unlöslich sei, bestehe; er nannte den ersteren Gliadin und den andern Zymom. Diese Angaben wurden im Allgemeinen von Berzelius bestätigt; den in Alkohol unlöslichen Bestandtheil hielt er jedoch für identisch mit Pflanzeneiweiß; Liebig führte für denselben den Namen Pflanzenfibrin ein. Der Kleber ist ferner noch von mehreren andern Chemikern, wie von v. Vibra, Dumas und C a h o u r s untersucht.

Da wir die neuesten und genauesten Arbeiten R i t t h a u s e n verdanken, der sich seit einer Reihe von Jahren mit der Untersuchung desselben beschäftigt hat, so werde ich hier den Angaben desselben folgen:

Der Kleber wird aus dem Weizenmehl am Besten dargestellt, wenn man dasselbe mit Wasser zum steifen Teig anrührt, den Teig so lange stehen läßt, bis er sehr zähe geworden ist (1—2 Stunden) und jetzt mit Wasser so lange auswäscht, bis das ablaufende Wasser nur noch wenig getrübt ist; hierbei muß die Masse öfters zerrissen und gepreßt werden; durch das Auswaschen läßt sich aber nie alle Stärke entfernen. Die so erhaltene Substanz (der sogenannte Kleber) besteht nach R i t t h a u s e n aus

mehreren verschiedenartigen Proteinstoffen, und aus Stärkemehl und Fett. Als das beste Verfahren, um den Kleber in seine Bestandtheile zu zerlegen, empfiehlt *Ritthausen* denselben im frischen Zustande, mit alkalischem Wasser (von 0,1—0,15 % Gehalt an Kalihydrat) und zwar auf 100 Grm. wasserfreiem Kleber 3—4 Grm. Kalihydrat in eine gut verschlossene Flasche zu bringen und oft umzuschütteln. Derselbe löst sich in 24 Stunden auf, so daß sich nach 1—2tägiger Ruhe bei niedriger Temperatur der größte Theil der Stärke, alle Schalenreste und sonstige Verunreinigungen im Bodensatz finden. Die noch etwas trübe Flüssigkeit wird dann mit dem Heber abgehoben und mit Essigsäure bei einer Temperatur von 5—8° C. in möglichst geringem Ueberschuß versetzt. Der durch die Essigsäure entstandene Niederschlag wird mit größeren Mengen Weingeist von 60 % Er. bei gewöhnlicher Temperatur, darauf mit 80 % Weingeist und zuletzt mit absolutem Alkohol ausgewaschen. Den erschöpften unlöslichen Rückstand, eine feinstöckige, voluminöse Masse von grauweißer Farbe, digerirt man in gelinder Wärme mit Aether so lange, bis dieser nichts mehr auflöst, entfernt den Rest von Aether durch absoluten Alkohol und trocknet im luftleeren Raume.

Die weingeistigen Lösungen werden vereinigt und stehen gelassen; sie klären sich unter Abscheidung eines flockigen, Stärkemehl enthaltenden Niederschlags und sind darauf frei von Stärke. Derselbe enthält Pflanzenleim, Pflanzenfibrin und Mucin. Den im Weingeist unlöslichen Theil nennt *Ritthausen* Para-Casein.

a. Das Para-Casein.

Der in Weingeist unlösliche Rückstand ist noch nicht reines Para-Casein, sondern enthält Stärke und eine kleine Menge eines andern Proteinstoffes. Er wird daher zur Reindarstellung in soviel alkalischem Wasser von 0,1—0,15 % Gehalt an Kali gelöst, daß auf ein Gramm Trockensubstanz 0,04 Alkali kommt; hierin löst sich der größte Theil des Körpers nach einiger Zeit zu einer bräunlich gelben Flüssigkeit auf, welche durch zahlreiche, sehr kleine Stärkekörnchen und kleine Mengen unlöslich gewordener Substanz getrübt ist. Die Flüssigkeit, welche sich durch Decantiren nicht von dem Unlöslichen trennen läßt, wird filtrirt, was zwar sehr langsam vor sich geht, aber eine vollständige Trennung von dem Stärkekörnchen bewirkt. Zu dem Filtrate wird Essigsäure in möglichst geringem Ueberschuß gesetzt und so ein grauweißer, käsiger, flockiger Niederschlag erhalten, welcher durch Decantation mit Wasser, dann mit Weingeist gewaschen und schließlich getrocknet wird. Man erhält so eine aus lose zusammenhängenden, voluminösen und leichten Flöckchen zusammengefügte Masse, von erdigem, nicht hornartigem Ansehen und weißer, ins Aschgraue spielender Farbe; sie ist stärkefrei. Diese Substanz ist unlöslich in kaltem und kochendem Wasser und wird durch längere Berührung damit in eine unlösliche Modi-

fication verwandelt; Weingeist und verdünnte Essigsäure bewirken in der Wärme eine theilweise Umwandlung, wobei ein Theil aufgelöst wird; die heiße weingeistige Lösung läßt beim Erkalten das Gelöste als schleimige, käsig-flockige Masse fallen; die essigsäure Lösung verändert sich dagegen beim Erkalten nicht. Löslicher ist die Substanz in essigsäurehaltigem Weingeist, aus welcher Lösung sie durch Alkalkalien bis zur noch schwachen sauren Reaction zugesetzt, gefällt wird. Weinsäure wirkt wie die Essigsäure. Kali und Natron, weniger Ammoniak, lösen den Körper auch bei sehr großer Verdünnung ohne Umsetzung leicht in der Kälte auf; durch diese Lösungen kann man Verbindungen mit verschiedenen Metalloxyden erhalten, welche in Wasser sämmtlich unlöslich sind.

Die Substanz besteht im Mittel, in 100 Theilen aus 51,0 C., 6,7 H., 16,1 N., 25,4 O. und 0,8 S.

Diese Zahlen stimmen mit den von Küling für das Legumin aus Erbsen und Bohnen erhaltenen ziemlich gut überein, ebenso mit denen von Norton für Legumin aus bitteren Mandeln und Erbsen. Trotz dieser Uebereinstimmung in der Analyse und noch verschiedenen anderen Eigenschaften sind doch zwischen diesem Körper und dem Legumin wesentliche Unterschiede im Verhalten gegen Wasser, Weingeist und Ammoniak vorhanden, so daß Ritthausen ihn mit dem Namen Para-Casein bezeichnet.

b. Pflanzen-Fibrin.

Dasselbe stellte Ritthausen aus der weingeistigen Lösung, welche beim Extrahiren des aus alkalischer Lösung gefällten Klebers erhalten, durch Concentration mittelst Abdessilliren des Alkohols bis etwa auf die Hälfte, dar, wobei sich nach erfolgter Abkühlung eine schleimige, klare Masse von bräunlich gelber Farbe, vermengt mit Para-Casein, Fett, Mucin und wenig Leim, abscheidet. Der Niederschlag wird mit absolutem Alkohol behandelt, wodurch Leim, Mucin und etwas Fett abgeschieden und dieser entwässert wird, darauf durch Aether entfettet und dann mittelst Alkohol in der Leere getrocknet. Man löst den erhaltenen Rückstand jetzt in wenig heißem Weingeist von 60 % Tr., um Mucin und Leim vollständig zu trennen, welche beim Erkalten gelöst bleiben, während sich Fibrin und Para-Casein als braun-gelbe, klare Substanz, mit käsigen Flocken untermengt, abscheiden. Der Niederschlag wird wieder in heißem Alkohol gelöst; beim Erkalten scheidet sich jetzt Para-Casein aus, während Fibrin noch in Lösung bleibt; beide werden durch Filtration und Auswaschen mit kaltem Weingeist getrennt. Das Filtrat wird durch Eindampfen concentrirt und stark abgekühlt; hierbei scheidet sich Fibrin aus, das sich nach 1—2 Tagen vollständig am Boden sammelt und eine zusammenhängende, sehr zähe Masse von bräunlich-gelber Farbe bildet; es wird dann noch 1—2mal in etwa 70 % Weingeist gelöst und so vollständig rein erhalten.

Die Trennung von Mucin und Leim läßt sich auch durch Auflösung des völlig getrockneten Gemisches in verdünnter heißer Essigsäure und Fällung durch Kali oder Ammoniak bewirken.

Das Fibrin wird durch Behandlung mit absolutem Alkohol lederartig, dann gelblich weiß, undurchsichtig und hart. Nach der Fällung gleich getrocknet, bildet es harte, spröde, durchscheinende, hornartige Platten, von bräunlich gelber Farbe. Während aber durch die erste Behandlung das Fibrin in seinen Löslichkeitsverhältnissen unverändert bleibt, wird hierdurch ein Theil in die unlösliche Modification übergeführt. In Wasser ist es unlöslich, durch Kochen mit demselben wird es theilweise zersetzt und verwandelt sich durch längere Berührung mit Wasser, wie das Casein, in eine in Weingeist, Essigsäure und Kali unlösliche Modification, welche eine durchscheinende, weißliche, voluminöse Gallerte darstellt. In Weingeist von 30—70 % Tr. ist das Fibrin in der Hitze leicht mit bräunlich gelber Farbe löslich, aus welcher Lösung es sich beim Erkalten fast vollständig wieder ausscheidet; wird die Lösung concentrirt, so scheidet sich auf der Oberfläche eine klare, dicke und weiche Haut ab, welche hinweggenommen sich stets von Neuem wieder bildet. Diese Eigenschaft haben weder Mucin noch Leim. Verdünnte Essigsäure löst es in der Kälte und Wärme mit bräunlich-gelber Farbe klar auf, woraus Alkalien das Fibrin in weiße Flocken fällen. Weinsäure löst es in der Kälte allmählich vollkommen klar und fast farblos; ebenso Salpetersäure von 1,1 spec. Gewicht in der Wärme unter kaum merklicher Entwicklung von Untersalpetersäure. Ferner lösen Kali und Natron auch bei sehr starker Verdünnung das Fibrin in der Kälte, ohne es zu zersetzen; Säuren, bis zur Neutralisation zugefetzt, fällen das Fibrin wieder. Ammoniak, sowie Kalk und Barytwasser lösen nur wenig auf.

Im Mittel besteht das Fibrin in 100 Theilen aus:
54,31 C., 7,18 H., 16,89 N., 20,61 O und 1,01 S.

c. Mucin.

Ritthausen erhielt das Mucin durch Concentration der weingeistigen Lösung, aus welcher das Fibrin mit andern Stoffen gefällt war, wobei sich beim Erkalten ein Niederschlag, der ein Gemenge von Fibrin, Mucin und Pflanzenleim ist, ausscheidet. Derselbe wird entwässert, durch Aether entfettet, in der Leere getrocknet und dann in 60—70 % Alkohol gelöst; aus dieser Lösung scheidet sich durch starken Alkohol ein flockiger, bald sich dicht zusammensetzender Niederschlag von gelblich-weißer Farbe und bröcklicher Consistenz ab, während die Flüssigkeit milchig bleibt. Durch mehrmaliges Wiederholen dieses Verfahrens erhält man reines Mucin.

Das Mucin ist im frischen Zustande von schleimiger Consistenz, schwach gelblich-weißer Farbe, etwas durchscheinend, stark seide- und wenig perlmutterglänzend. Getrocknet ist es eine hellgelbe, klare, feste und spröde Masse, welche von vielen kleinen Rißchen trübe und bröcklich erscheint, aber sich nicht, wie der Pflanzenleim, in zusammenhängenden Platten erhalten läßt. Durch Alkohol entwässert und in der Leere getrocknet, stellt es weiße, wenig gelbliche Stücke dar, welche nur geringen Zusammenhang haben und weit weniger spröde sind als der Leim.

In 60—70 % Alkohol löst es sich leicht, klar und fast farblos auf. Die Lösung trübt sich bei ausreichendem Weingeist nach dem Erkalten nicht; starker Weingeist von 90—95 % fällt es in Flocken, welche sich zu einer bröcklichen, gelblich-weißen Masse zusammensetzen. Auch schwächerer Weingeist löst es beim Erwärmen; hier scheidet es sich aber beim Erkalten theilweise wieder aus. Säuren lösen es in der Kälte und Wärme, auch in sehr verdünntem Zustande, leicht und vollständig auf; Salpetersäure indeß nur in der Wärme. Aus den essigsauren Lösungen fallen Alkalien es wieder aus.

Alkalien und die Lösungen der alkalischen Erden lösen das Mucin in der Kälte und Wärme leicht klar auf; aus welchen Lösungen dasselbe durch Säuren wieder gefällt wird.

Im Wasser ist das Mucin nur wenig löslich, dagegen läßt es sich schon in der Kälte im frischen Zustande durch Aufrühren darin so vertheilen, daß eine trübe schleimige Flüssigkeit entsteht, aus der sich bei längerer Ruhe dasselbe unverändert wieder abscheidet; in der Wärme erfolgt die gleichmäßige Mischung von selbst ohne Veränderung; bei Kochhitze wird das Wasser milchig trübe und erhält sich so noch nach wochenlangem Stehen, wobei sich langsam eine zähe flockige Substanz absetzt, welche nur zum Theil in Weingeist und Essigsäure löslich ist. Längeres Kochen zerlegt somit das Mucin in eine unlösliche und eine in Wasser lösliche Substanz. Das Mucin besteht in 100 Theilen im Mittel aus 54,11 C., 6,90 H., 16,63 N., 21,48 O und 0,88 S.

Der Name Mucin wurde von Saussure für die Substanz eingeführt, welche er nach Abscheidung des sog. Gliadins aus den weingeistigen Lösungen durch Verdampfen bis zur Entfernung des Alkohols erhielt; dies ist aber ein Gemisch von Leim mit Stärke und Umwandlungs-Producten desselben.

d. Pflanzenleim.

Derselbe wird sehr rein aus den weingeistigen Abkochungen des Klebers erhalten, wenn man nach der Fällung des Caseins den Alkohol

abdestillirt, den Rückstand bis auf etwa 25° C. abkühlt, das noch Gelbste abgießt und für sich vollständig erkalten läßt; hierbei scheidet sich Leim mit höchst geringen Mengen Casein und wenig Fett ab.

Dieser Leim nochmals in 45 % Weingeist unter Erwärmen gelöst, eine Zeit lang gekocht, filtrirt, darauf das Casein durch Abkühlung (mit etwas Leim) gefällt und die Flüssigkeit eingedampft, giebt fast reinen Leim, der durch absoluten Alkohol und in der Leere über Schwefelsäure getrocknet wird. Man erhält auch reinen Leim durch Digeriren des Gemenges mit sehr verdünnter Essigsäure, wobei Casein entweder ganz ungelöst bleibt oder durch fractionirte Fällung mit Ammoniak abgeschieden wird. Der Leim ist rein, wenn seine weingeistige Lösung vollkommen klar ist und Ammoniak (auch Kali und Natron) ihn aus essigsaurer Lösung als ganz klaren, in dünner Schicht farblosen, leichtfließenden Firniß fällt.

Der getrocknete Leim schwimmt im Wasser und nimmt dasselbe in der Kälte nur langsam, schneller in der Wärme auf; nach der Sättigung bilden sich weiche, sehr klebrige, weißliche Klumpen, die ebenfalls schwimmen. Nach wiederholtem, heftigem Schütteln wird das Wasser opalisirend trübe und schäumend.

Mit Wasser durchtränkte Stücke, bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft getrocknet, sind stark gelblich-braun und entwickeln beim Befeuchten mit Wasser den dem thierischen Leim eigenthümlichen Geruch; beim Kochen mit Wasser verwandeln sich die einzelnen Stücke in klare, sehr klebrige Klümpchen von gelblicher Farbe; die Flüssigkeit abfiltrirt, trübt sich beim Erkalten und liefert einen dem angewandten Leim nahezu gleichen Körper. Bei wiederholtem Kochen bleibt schließlich eine unlösliche Substanz zurück, welche wegen ihres geringeren Stickstoff- und höheren Schwefelgehaltes wohl nur als Zersetzungproduct anzusehen ist.

Die nach der Ausfällung mit Ammoniak bleibende Lösung eingedampft und eingäschert, enthält wenig phosphorsaures Salz, aber viel kohlensaures Kali; das Kali ist sicherlich durch die Essigsäure den ursprünglichen Verbindungen entzogen worden. Da das Kali, durch kochendes Wasser ausgezogen, leicht zersetzend auf Casein und Leim einwirken kann, indem es Schwefel und Stickstoff ausscheidet, so erklärt dies wohl die sehr abweichende Zusammensetzung der von G ü n s b e r g untersuchten unlöslichen Rückstände, nach dem dieselben stickstoffärmer sind und keinen Schwefel enthalten.

Nach R i t t h a u s e n besteht der Leim in 100 Theil im Mittel aus 52,6 C., 7,0 H., 18,06 N., 0,85 S. und 21,49 O.

Concentrirte Salzsäure löst den Leim in der Wärme zu einer klaren Flüssigkeit von bläulicher Färbung und deutlichem Schimmer von braun auf; Salpetersäure zu einer klaren gelben Flüssigkeit, die sich beim Erkalten ein wenig trübt; verdünnte Phosphorsäure giebt beim Kochen eine trübe Flüssigkeit; Weinsäure löst beim Kochen völlig klar; Essigsäure löst unter allen Ver-

hältnissen leicht und vollkommen klar; Kali und Natron lösen selbst in sehr geringer Menge und sehr verdünnt leicht in der Kälte ohne Veränderung, in der Hitze unter Zersetzung; Ammoniak dagegen schwerer; Kalk und Barytwasser wirken ebenfalls lösend und geben klare Flüssigkeit von gelblicher Farbe. — Frisch gefällter Leim wird von all' diesen Stoffen viel leichter als getrockneter gelöst.

Das Millon'sche Reagens (salpetersaures Quecksilberoxydul, das salpetrige Säure enthält) giebt mit frischem Leim die bekannte schöne rothe Farbe, mit getrocknetem dagegen eine braunrothe, concentrirte Schwefelsäure und Zucker zeigen vorübergehend gelbe und rothe Färbung, nach einer Viertel- bis halben * Stunde tritt das bekannte schöne Violett auf, die Lösung ist dunkel violettroth gefärbt.

§ 7.

3. Legumin.

Mit diesem Namen ist die in den Hülsenfrüchten dem Kleber der Cerealien entsprechenden Substanz von Braconnot genannt worden. Von v. Liebig wurde sie dann Pflanzen-Casein genannt, sie unterscheidet sich jedoch, wie Ritterhausen gezeigt hat, in ihrem Verhalten gegen Weingeist, Ammoniak und Wasser von dem Para-Casein.

Ritterhausen unterscheidet 3 hierher gehörige Körper, das Legumin, das Conglutin und das Gluten-Casein.

Alle 3 Körper lösen sich im isolirten Zustande nur wenig in Wasser, dagegen reichlich in Kaliumwasser und Lösungen von basisch-phosphorsaurem Kali, welches letztere vor Allem die Löslichkeit derselben in den Hülsenfrüchten und den Samen, in deren wässrigen Lösungen sie sich vorfinden, vermittelt. In der Löslichkeit in verdünnten Säuren sind die einzelnen Formen des Caseins verschieden. Aus feinen Lösungen wird das Casein stets in der Kälte durch Zusatz geringer Mengen von Säuren in käsigen Flocken, und ebenso, wie das Casein der Milch, durch Lab gefällt.

Die Zusammensetzung ist folgende:

	Legumin.	Conglutin der Lupinen.	Gluten-Casein aus Weizen.
C	51,48	50,88	52,94
H	7,02	6,92	7,04
N	16,77	18,40	17,14
S	0,40	0,91	0,96
O	24,33	23,24	21,92

Das Pflanzen=Casein enthält immer eine beträchtliche Menge Phosphorsäure, welche auf keine Weise von demselben zu trennen ist und mit dem organischen Körper näher verbunden zu sein scheint, so daß diese Körper als Phosphorsäure=Verbindungen angesehen werden müssen und es nothwendig erscheint, ihre Zusammensetzung mit Rücksicht auf den Gehalt an Phosphorsäure auszudrücken.

In den Ferkungs=Producten mit Schwefelsäure zeigen sich die Formen des Pflanzen=Caseins in der Art verschieden, daß Legumin die größte, Gluten=Casein die geringste Menge Asparaginsäure liefert, während letzteres die größte, ersteres die kleinste Menge Glutaminsäure giebt; Conglutin steht in Bezug auf die Säuremengen, welche aus ihm entstehen, zwischen diesen beiden Formen des Caseins.

Ich schließe hiermit die Beschreibung der Proteinstoffe, deren Untersuchung noch lange nicht abgeschlossen ist, auch wohl sobald noch nicht abzuschließen sein wird, da sie mit bedeutenden Schwierigkeiten und großem Zeitaufwande verbunden ist. Wir sind deshalb Männern, wie Ritthausen, welche sich schon seit Jahren damit beschäftigten, zu größtem Dank verpflichtet.

§ 8.

II. Die Alkaloide.

Die Alkaloide oder pflanzliche Basen genannten Körper führen diesen Namen von ihren basischen Eigenschaften, welche zuerst von Sertürner 1816 entdeckt wurden. Von diesen Stoffen kennt man jetzt eine große Anzahl, von denen ein Theil fertig gebildet in den Pflanzen vorkommen, der größere Theil jedoch künstliche Produkte sind. Wir wollen hier nur die natürlich vorkommenden betrachten:

Die Pflanzenalkaloide finden sich vorherrschend nur in einigen Pflanzenfamilien; von unsern gewöhnlichen Culturgewächsen enthalten ein solches nur die Kartoffeln (Solanin) und der Tabak (Nicotin). Die Papaveraceen, die Ranunculaceen, die Rubiaceen, die Euphorbiaceen, Cinchoneen, Colchicaceen und manche andere zeichnen sich in manchen ihren Gattungen durch ihren Alkaloidgehalt aus.

Die Alkaloide sind durch ihre arzneilichen Eigenschaften bekannt; manche von ihnen sind äußerst starke Gifte und wirken

theils als acria, Magen- und Darmentzündung hervorrufend, theils als narcotica auf das Gehirn und Rückenmark; andere sind scharfe Reiz-, noch andere energisch tonische Mittel. Gegen die Alkaloidgifte sind die besten Gegenmittel Magnesiashydrat, Gerbstofflösung und jodhaltiges Jodkalium.

Ein Theil der Pflanzen-Alkaloide ist flüchtig, ein anderer Theil nicht. Die flüchtigen erhält man durch Destillation des Pflanzentheils mit Wasser, welchem man ein unorganisches Alkali oder Kalkerde zugefügt hat, das zur Freimachung des Alkaloids aus der Salzverbindung, in der es meistens in den Pflanzen vorkommt, dient. Das Destillat wird dann mit Schwefelsäure gesättigt, verdampft, der Rückstand, in welchem sich das Alkaloid, an Schwefelsäure gebunden, vorfindet, mit Alkohol aufgelöst; dieser darauf wieder verdunstet, das Salz mit einem wässrigen Alkali vermischt und von Neuem destillirt und so das Alkaloid erhalten. Die nicht flüchtigen Alkaloide stellt man durch Extraction der Pflanzen mit schwach-säurehaltigem Wasser (Schwefelsäure oder Salzsäure), Zersetzung des Salzes durch eine unorganische Base, wobei man entweder 2fach kohlen-saures Alkali, Magnesia oder Kalkerde benutzt, dar. Das so erhaltene freie Alkaloid wird dann, wenn es unlöslich ist, mit Alkohol ausgekocht und durch Kohle von den Beimengungen gereinigt; ferner wendet man auch Gallusgerbstoff, Thonerdehydrat, Aether und Chloroform zur Reindarstellung an.

Die Alkaloide bestehen aus Kohlenstoff, dessen Gehalt stets ein großer ist, Wasserstoff und Stickstoff; ein Theil, und zwar der größte, enthält noch Sauerstoff.

Nach Berzelius sind die Alkaloide gepaarte Verbindungen von Ammoniak mit einem stickstofffreien organischen Körper; nach den Arbeiten von Hofmann, Gerhardt und Andern kann jedoch jetzt kaum noch bezweifelt werden, daß man sie als Substitutionen von Ammoniak (NH_3) oder von Ammoniumoxyhydrat ($\text{NH}_4\text{O}, \text{HO}$) anzusehen hat.

§ 9.

a. Die sauerstofffreien Alkaloide.

Hier sind zu nennen:

1) Das Coniin $\text{C}^{16}\text{H}^{15}\text{N}$ und das Methylconiin $\text{C}^{18}\text{H}^{17}\text{N}$, beide im Schierling (*Conium maculatum*) vorkommend, sind sich so ähnlich, daß sie nur durch die Elementaranalyse unterschieden werden können. Das Coniin ist eine sehr giftige Base; es stellt ein farbloses Del von 0,87 sp. G. dar, siedet bei 212° und ist in Wasser nur wenig, dagegen in Alkohol, Aether und Oelen in jedem Verhältniß löslich. Rein ist es geruchlos, reagirt, mit Wasser gemischt, stark alkalisch und giebt mit Salzsäure Nebel.

2) Nicotin, $C^{10}H^7N$, kommt in den Blättern und Samen des Tabaks gebunden an Äpfel- und Citronensäure vor; es ist ein farbloses Del von 1,04 sp. G., raucht bei $100^{\circ}C$. und siedet bei 250° ; es riecht und schmeckt nach Tabak, ist in Wasser löslich, ebenso in Alkohol, Aether und fetten Oelen; seine wässrige Lösung reagirt stark alkalisch.

3) Spartein, $C^{15}H^{13}N$, ist im Pfriementkraut enthalten; es ist ein dickflüssiges, farbloses, narkotisch wirkendes Del.

§ 10.

b. Die sauerstoffhaltigen Alkaloide.

1. Alkaloide der Solaneen.

α. Hyoschamin; Zusammensetzung noch nicht ermittelt, im Bilsenkraut enthalten, stellt seidenglänzende Nadeln mit scharfem Geschmack und im feuchten Zustande unangenehmen Geruch dar; es ist sehr giftig und erweitert die Pupille sehr.

β. Atropin, $C^{14}H^{23}NO^6$, kommt in allen Theilen des Stechapfels und der Tollkirsche vor, krystallisirt auch in seidenglänzenden Nadeln, schmeckt äußerst bitter und erweitert ebenfalls die Pupille, aber langsamer als das Hyoschamin.

γ. Solanin, $C^{43}H^{71}NO^{16}$, findet sich in verschiedenen Solanum-Arten, auch in den zu dieser Familie gehörigen Kartoffeln, reichlich in den Kartoffelkeimen; es krystallisirt in farb- und geruchlosen Nadeln (auch amorph), schmeckt bitter, etwas brennend, ist schwer in Wasser und Aether, leichter in Alkohol löslich, schmilzt bei 235° und reagirt schwach alkalisch.

2. Alkaloide der Strychnosorten.

Dieselben kommen vor Allem in den Früchten von Strychnos nux vomica (Krähenaugen) vor, und sind starke Gifte; zu nennen sind hier:

α. Das Strychnin, $C^{42}H^{22}O^4N^2$, die giftigste dieser Basen, krystallisirt in vierseitigen, farblosen Säulen oder in Octaedern, ist fast unlöslich in Wasser, absolutem Alkohol, Aether und fetten Oelen, dagegen löslich in verdünntem Alkohol und ätherischen Oelen.

β. Brucin, $C^{46}H^{26}N^2O^8$, ein Begleiter des Strychnins in den Krähenaugen, weniger giftig als das Strychnin; schwer löslich in Wasser, Aether und ätherischen Oelen, leicht löslich in Alkohol.

3. Die Alkaloide des Kaffee's oder Thee's.

Außer im Kaffee und dem chinesischen Thee kommt das Caffein oder Thein noch in andern Pflanzen vor, z. B. im Paraguaythee und in der Paullinia sorbilis, aus der das Guarana, ein in Brasilien als Arzneimittel geschätzter Stoff, gewonnen wird; seine Zusammensetzung ist $C^{16}H^{10}N^4O^4,2HO$; es krystallisirt in farblosen, seidenglänzenden Nadeln, ist wenig in kaltem, leicht in heißem Wasser, in Alkohol und Aether löslich, die Lösungen schmecken schwach bitter und reagiren nicht alkalisch; es ist somit eine schwache Basis, bildet aber doch mit Säuren Salze, welche aber oft schon durch Wasser und Alkohol zerlegt werden.

Das Caffein soll den Stoffwechsel verlangsamen; in größern Dosen (schon beim Genuß von sehr starkem Kaffee) verursacht es Congestionen zum Gehirn, Zittern und vermehrte Herzthätigkeit.

Theobromin, $C^{14}H^8N^4O^4$; dies Alkaloid kommt in den Cacaobohnen vor; es ist ein krystallinisches Pulver, welches in kaltem und selbst in heißem Wasser wenig und noch weniger in Alkohol und Aether löslich ist.

4. Die Alkaloide der Chinarinde.

In der Rinde der Cinchona-Arten (der sog. Chinarinde) kommen mehrere Alkaloide vor und zwar das Chinin, welches in der gelben, das Cinchonin, das in der grauen Rinde überwiegend sein soll, ferner das Aricin, Chinidin und Cinchonidin; von diesen sind vor allen die beiden ersten Basen medicinisch von Wichtigkeit.

α. Chinin, $C^{40}H^{24}N^2O^4$, ist farblos und krystallinisch, reagirt stark alkalisch, schmeckt sehr bitter, ist in Wasser etwas schwer, dagegen leicht in Alkohol, Aether, Chloroform, flüchtigen und fetten Oelen löslich. Mit den Säuren giebt es zwei Arten von Salzen, neutrale und saure. Das Chinin wird als Mittel gegen Fieber und tonisch angewandt.

β. Cinchonin, $C^{40}H^{24}N^2O^2$, krystallisirt in vierseitigen Säulen oder Nadeln, ist in kaltem, fast auch in kochendem Wasser und Aether unlöslich, und in Alkohol schwerer löslich als das Chinin; die alkalische Lösung reagirt stark alkalisch. Während die andern natürlichen Alkaloide gewöhnlich links polarisiren, so das Cinchonin rechts.

5. Die Alkaloide des Opiums (Papaveraceen).

Das Opium, der eingetrocknete Milchsaft aus den Köpfen des weißen Mohnes (*Papaver somniferum*) enthält mehrere Alkaloide, welche theils durch ihre arzneiliche Wirkung, theils durch ihre giftigen Eigenschaften ausgezeichnet sind. Am reichsten an diesen Alkaloiden ist das orientalische Opium, in welchem 8 derselben enthalten sind: Morphin, Narcotin, Codein, Thebain, Narcein, Papaverin, Pseudomorphin, Norpheproxin und Opianin.

α. Morphin (Morphium), $C^{34}H^{19}NO^6 + 2aq$, ist das wichtigste Alkaloid des Opiums; es krystallisirt in farblosen, rhombischen Säulchen, schmeckt stark bitter und ist geruchlos; in kaltem Wasser schwer, leichter in heißem Wasser löslich, fast unlöslich in Aether und ziemlich leicht in Alkohol löslich, reagirt alkalisch; seine Salze sind in Wasser und Alkohol löslich, dagegen in Aether unlöslich. Von den Opiumbasen wirkt das Morphin am stärksten narkotisch, es verursacht in geringen Dosen Schlafsucht und rauschartige Erregung, in starken den Tod.

β. Narcotin, $C^{42}H^{21}NO^{14}$. In neuester Zeit ist die Existenz von 4 homologen Narcotinbasen behauptet worden, nämlich dem Narcotin, dem Methylnarcotin (welches 2CH mehr), dem Aethylnarcotin (welches 4CH mehr) und dem Propylnarcotin (welches 6CH mehr als das Narcotin enthält). Das sogenannte Narcotin ist in Aether leicht löslich, wodurch es sich von dem Morphin unterscheidet und von demselben getrennt wird.

γ. Codein, $C^{36}H^{21}NO^6$, krystallisirt in farblosen, rhombischen Krystallen, ist löslich in Wasser, noch leichter in Alkohol und Aether und reagirt stark alkalisch.

Von den Opiumbasen sind diese drei die wichtigsten, weshalb wir die andern auch nur dem Namen nach angeführt haben.

Als einige andere, häufiger vorkommende Alkaloide sind endlich noch zu erwähnen das Chelidonin (im Schöllkraute), das Glaucin (in *Glaucium luteum*), das Veratrin (in der weißen Nieswurz), das Aconitin (in *Aconitum Napellus*), Colchicin (in der Herbstzeitlose), das Delphinin (im Rittersporn, *Delphinium Staphysagria*), Emetin (in *Ipecacuanha*).

§ 11.

B. Stickstofffreie organische Körper.

I. Die Kohlehydrate.

Es sind dies nicht flüchtige, indifferente Körper, in denen Sauer- und Wasserstoff in demselben Verhältnisse, wie im

Wasser, enthalten sind. Sie sind alle nach der Formel $C^mH^nO^p$ zusammengesetzt.

Die Kohlehydrate werden vorzugsweise von den Pflanzen erzeugt (Ausnahme der Milchzucker).

Von den Kohlehydraten sind hier zu nennen:

1. Die Zuckerarten.

Dies sind süße, in Wasser leicht, ebenso in verdünntem Alkohol lösliche, dagegen in Aether unlösliche Körper; meistens fest und krystallinisch, einige dickflüssig; ihre verdünnten Lösungen nicht schleimig.

a. Rohrzucker.

Der Rohrzucker kommt in vielen Pflanzen fertig gebildet vor, z. B. im Zuckerrohr, in den Rüben, den Halmen des Getreides vor und während der Blüthe, im Mais, in einzelnen mehligten Früchten vor der Reife, z. B. den grünen Erbsen; ferner in den Palmen, Nüssen, Bananen, Kürbissen, Ahorn u. Künstlich ist er noch nicht dargestellt worden. Er besteht in 100 Theilen aus:

Kohlenstoff	=	42,104,
Wasserstoff	=	6,431,
Sauerstoff	=	51,465

und hat die Formel $C^{12}H^{11}O^{11}$.

Durch Säuren wird der Rohrzucker in Frucht- und Traubenzucker verwandelt. Der Rohrzucker verbindet sich mit Basen, z. B. Kali, Natron, Ammoniak, Baryterde, Kupferoxyd, Bleioxyd u. s. w.; diese Verbindungen heißen Saccharate; er zerfällt durch Gährung nach vorheriger Verwandlung in Fruchtzucker, hauptsächlich in Alkohol und Kohlensäure.

Der Rohrzucker entzieht dem Kupferoxyd (CuO) die Hälfte des Sauerstoffs nicht in der Kälte, sondern erst bei fortgesetztem Kochen, dies ein Unterschied von den übrigen Zuckerarten, welche das CuO schon in der Kälte zu Cu_2O reduciren. In absolutem Alkohol ist er unlöslich. Der Rohrzucker polarisirt nach rechts.

b. Traubenzucker und Fruchtzucker.

Der Traubenzucker führt auch die Namen: Krümelzucker, Stärkezucker, Honigzucker, Harnzucker und Glykose. Beide Zuckerarten sind im Pflanzenreich ebenfalls sehr verbreitet; sie kommen in sauren Säften, in denen Rohrzucker, wie wir

vorher gesehen haben, nicht enthalten sein kann, vor; der Fruchtzucker findet sich vor allen im Saft der Früchte.

Der Traubenzucker besteht aus

	KrySTALLISIRT	WASSERFREI
Kohlenstoff	36,36	40,00
Wasserstoff	7,07	6,66
Sauerstoff	56,56	53,33

und hat krySTALLISIRT die Formel $C^{12}H^{12}O^{12}$, 2HO, im wasserfreien Zustande $C^{12}H^{12}O^{12}$.

Der Fruchtzucker hat die Zusammensetzung des wasserfreien Traubenzuckers; er verwandelt sich in concentrirter Lösung theilweise in Traubenzucker.

Der Rohrzucker wird durch Säuren in Traubenzucker verwandelt; letzterer wird ferner aus Stärke durch Kochen mit Säuren und durch Diastase erhalten. Beide Zuckerarten verbinden sich ebenfalls mit Basen, jedoch ist die Darstellung dieser Verbindungen bedeutend schwerer, als die der entsprechenden Basen mit Rohrzucker, zu bewerkstelligen. Durch starke Basen wird der Traubenzucker zersetzt, indem Glucinsäure entsteht.

Der Trauben- sowie Fruchtzucker reducirt die alkalische Kupferoxyd-Lösung (Trommer'sche Zuckerprobe) schon in der Kälte, schneller noch beim Erwärmen. Auf dieses Verhalten des Traubenzuckers beruht die Fehling'sche Gewichtsbestimmung desselben.

Der Traubenzucker dreht die Polarisationsebene nach rechts; der Fruchtzucker nach links.

c. Sorbit.

Derfelbe ist dem Traubenzucker sehr ähnlich, nur der alkoholischen Gährung nicht fähig; er ist nach der Formel $C^{12}H^{12}O^{12}$ zusammengesetzt. Er findet sich im Saft der Vogelbeeren (*sorbus aucuparia*).

d. Melitose.

Dieselbe hat die Zusammensetzung des krySTALLISIRTEN Traubenzuckers und ist gährungsfähig, reducirt dagegen die alkalische Kupferoxydlösung erst nach dem Digeriren mit wässrigen Säuren.

e. Encalyn.

Dasselbe hat die Zusammensetzung des Fruchtzuckers, ist nicht gährungsfähig und reducirt die alkalische Kupferoxydlösung.

Melitose und Gycalyn sind in der Manna, einer von Eucalyptus mannifera in Australien stammenden Substanz, entdeckt worden.

Außer diesen aufgeführten Zuckerarten giebt es noch eine ganze Reihe von Körpern, welche zu dieser Gruppe gehören; das Vorkommen derselben ist aber, so viel bis jetzt bekannt, ein beschränktes; zum großen Theile sind sie auch noch nicht genau untersucht, weshalb wir auf dieselbe hier nicht weiter eingehen.

2. Dextrin.

Von dem Dextrin, auch Stärkægummi genannt, ist es bis jetzt noch nicht sicher festgestellt, ob es in den Pflanzen enthalten, also ob das in denselben gefundene Educt oder Product ist. Es wird durch Säuren und Diastase aus Stärke dargestellt; ist in Alkohol un- und in Wasser leicht löslich; diese Lösung ist im concentrirten Zustande stark klebrig. Gegen alkalische Zuckerlösungen verhält es sich wie Traubenzucker. Es polarisirt nach rechts. Seine Zusammensetzung drückt die Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$ aus.

§ 12.

3. Amylum.

Das Amylum oder Stärkemehl kommt in allen mehligem Pflanzentheilen vor: in den Samen der Cerealien und Hülsenfrüchte, in den Kartoffeln u. s. w. Es ist sehr allgemein verbreitet und findet sich in den verschiedensten Theilen der Pflanzen: den Samen, den Blättern (Zwiebeln), Wurzeln, Knollen, markigem Stengel, ja selbst im Splint und der Rinde.

Die Stärke kommt in den Pflanzen formlos, in einfachen Körnern und als zusammengesetztes Korn vor; das Vorkommen als einfaches Korn ist das gewöhnliche; die Form und Größe der Körner nach der Pflanze verschieden. Die Stärke ist im gewöhnlichen Zustande in Wasser unlöslich (bei Zerstörung der Körner, z. B. durch Reiben mit Sand ist ein Theil löslich), sie bildet mit warmem Wasser Kleister und mit Jod die blaue Jodstärke; letzteres ist mikroskopisch zu ihrer Erkennung ausgezeichnet; durch Säuren und durch Diastase wird sie in Dextrin, dann in Traubenzucker verwandelt. Aehnlich wie die Diastase wirkt unter Andern der Speichel.

Das Stärkemehl ist nach der Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$ zusammengesetzt und enthält in 100 Theilen

Kohlenstoff	=	44,444,
Wasserstoff	=	6,173,
Sauerstoff	=	49,383.

4. Inulin.

Dasselbe, der Stärke in seiner Zusammensetzung gleich, kommt in den Knollen des Topinamburs, in den Wurzeln des Löwenzahns, in den Georginentknollen, der Cichorie u. s. w. vor. Es ist in denselben als fleischige Verdickungs- oder Ausfüllungsmasse enthalten. Das Inulin bildet keinen Kleister, ist in heißem Wasser löslich und verwandelt sich beim Erhitzen in reinem Wasser, noch schneller bei Gegenwart von Säuren in Fruchtzucker; durch Jod wird es vorübergehend gelb gefärbt.

5. Lichenin.

Das Lichenin oder die Moosstärke findet sich in den Flechten; die Zusammensetzung ist die des Stärkemehls.

§ 13.

6. Die Cellulose.

Die Cellulose, Zellstoff, Pflanzenfaser, auch Holzfaser genannt, ist derjenige Stoff, aus welchem die Wände aller pflanzlichen Zellen nebst ihrer Verdickungsmasse bestehen, ausgenommen hiervon sind die Cuticular-Gebilde (d. h. gewisse Oberhautgebilde), zu denen auch der Kork gehört, sowie die Zellenmembran-Substanz der Pilze und Flechten. Je dünnwandiger dieselben und je mehr dieselben mit Inhalt gefüllt sind, um so mehr ist die Menge der Cellulose vermindert, wie dies z. B. bei den Samen, Stengeln und Blättern, fleischigen Wurzeln u. s. w. der Fall ist.

Die Cellulose besteht in 100 Theilen aus

Kohlenstoff	=	44,444,
Wasserstoff	=	6,173,
Sauerstoff	=	49,383,

und hat die Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$. Dieselbe ist im reinen Zustande weiß, höchst hygroskopisch und durchbringbar für Wasser und andere Flüssigkeiten. Beide Eigenschaften sind für das pflanzliche Leben von ganz außerordentlicher Wichtigkeit. In ihrem chemischen Verhalten zeigt sich die Cellulose fast indifferent; sie

ist in Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich, löslich dagegen in Kupferoxyd-Ammoniak. Durch Schwefelsäure wird die Cellulose derartig verändert, daß Jod die Reaction wie bei der Stärke hervorbringt, allmählig wird dann die Cellulose durch die Einwirkung der Schwefelsäure in Dextrin verwandelt. Ähnlich wie Schwefelsäure wirkt auch Chlorzink auf Cellulose; Alkalilösungen quellen dieselbe zunächst auf und zersetzen sie dann. Durch die Einwirkung concentrirter Salpetersäure und concentrirter Schwefelsäure wird aus der Cellulose die Schießbaumwolle gebildet, deren Auflösung in Aether den Namen Colloidium führt.

§ 14.

Anhang.

Das Lignin kommt im Holze der Bäume vor, und giebt demselben die es von der eigentlichen Cellulose unterscheidenden Eigenschaften; wir finden es ferner nach Schulze im Stroh und Heu, sowie in den harten Schalen der Steinfrüchte.

Die Menge des Lignins in den genannten Stoffen ist nach Schulze eine sehr bedeutende, denn nach ihm enthalten das Roggenstroh 46,254 %/, das Eichenholz 54,125 %/ und die Walnußschalen 65,928 %/.

Das Lignin ist einer von den Stoffen, aber durchaus nicht der einzige, welcher die Verdickung der Zellwände verursacht; es gehört somit zu den sogenannten incrustirenden Substanzen. Die Zusammensetzung desselben ist

Kohlenstoff	56,0
Wasserstoff	5,8
Sauerstoff	38,2

und somit seine Formel $C^{38}H^{24}O^{20}$; es gehört also nicht mehr zur Familie der Kohlehydrate. Das Lignin ist ebenso wie die Cellulose in Wasser, Aether, Alkohol, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich. Von der Cellulose ist es durch die Leichtigkeit, mit welcher es durch Chlor, durch oxidirende Agentien, theilweise auch durch alkalische Laugen und durch den Verwesungs-Proceß angegriffen wird, unterschieden. Durch Schwefelsäure wird es geschwärzt und in kohlig aussehende Producte zerlegt; Jod färbt es schmutzig braun. (Schulze.)

b. Die Cuticularsubstanz oder der Korkstoff.

Dieselbe bildet die Oberfläche aller Stengel und Blättergebilde der Pflanzen, und führt, sobald sie eine einfache Schicht auf den Oberhautzellen bildet, den Namen Cuticula und wenn sie aus mehreren über einander liegenden Zellenreihen besteht, den Namen Kork. Sie kommt zum Theil in sehr geringen Mengen — auf jungen Blättern — zum Theil in bedeutenden Mengen — Korkweide, Korkulme, Kartoffelschorf — vor. Die Cuticula ist undurchdringbar für Wasser und Luft. (Schulze.)

Die Cuticula ist schwer rein zu erhalten; nach Mitscherlich besteht sie aus 63 bis 65 Kohlenstoff, 7 bis 8 Wasserstoff, 1 bis 3 Stickstoff und 24 bis 29 Sauerstoff. Heiße alkalische Lösungen lösen sie leicht auf; ebenso wird sie leicht durch Salpetersäure zerstört; von Jod wird sie ebenfalls gelbbraun gefärbt.

§ 15.

7. Die Pflanzenschleime.

Dieselben sind nach Mulder Pectinsäure, dagegen von Schmidt als Kohlehydrate erkannt. Ihre Verschiedenheiten unter einander rühren nach Schmidt nur von dem verschiedenen Gehalte derselben an Mineralstoffen her, was jedoch durchaus noch nicht bewiesen ist und von Frank für unmöglich gehalten wird. Größer als in chemischer Beziehung scheinen ihre Unterschiede in physiologischer und anatomischer Hinsicht zu sein. Sie werden entweder als Umwandlungs-Producte der Zellenmembran gewisser Gewebe von den Pflanzen ausgeschieden, oder sind Verdickungsschichten gewisser im organischen Zusammenhang mit der Pflanze verharrender Zellen; wir finden sie bald im Zelleninhalte, bald in den Intercellularcanälen.

Die Pflanzenschleime kommen in den Pflanzen in einer unlöslichen und einer löslichen Modification vor. (Frank.) Mit Wasser in Berührung nimmt der Schleim dasselbe auf und bildet damit Gemische von schleimiger Beschaffenheit. Die meisten zu den Pflanzenschleimen gehörenden Körper werden durch Kochen mit Salpetersäure in Schleim- und Oxalsäure verwandelt und durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt. Durch längeres Kochen mit verdünnten Säuren werden sie in Dextrin und Traubenzucker übergeführt; an und für sich reduciren sie alkalische Kupferoxydlösungen nicht, dagegen, wie aus dem vorigen hervorgeht, nach längerem Kochen mit verdünnten Säuren.

Die wichtigsten hier zu nennenden Körper sind: der Traganth, der Kirschgummi, der Schleim der Leinsamen, der von *Plantago Psyllium*, der der Flohsamen, der der Quittensamen, der in den Rhizomen von *Althaea officinalis*, und der der Orchideknollen. (Salep.)

§ 16.

II. Pektinkörper.

Das Pektin kommt in fast allen Pflanzen vor; wir finden es in den fleischigen Früchten der Pomaceen, in manchen Wurzeln, z. B. Kunkelrüben, Möhren und auch in manchen Blütenknospen. Es ist derjenige Stoff, welcher bei den Säften gewisser Pflanzen das Eintrüben zu einer Gallerte bedingt. Das Pektin wurde zuerst von Bauquelin entdeckt, dann von mehreren Chemikern untersucht; die meiste Kenntniß desselben verdanken wir Frémy, dessen Arbeit daher hier zu Grunde gelegt ist.

Die Pektinkörper sind theils neutrale, theils saure Körper, welche sich von den Kohlehydraten nur durch ihre höheren Sauerstoffgehalte unterscheiden; sie sind in Zucker nicht überführbar. Nach Frémy sind es polymere Körper, deren einfachste Formel $C^8H^5O^7 + xHO$ ist. Sie sind in Wasser theils löslich, theils unlöslich und werden durch Jod nicht gefärbt.

Frémy theilt die Pektinkörper wie folgt ein:

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Pektose, unlöslich, indifferent; Formel? | |
| 2. Pektin, löslich, farblos, unkrystallisirbar, indifferent; fällt Bleizucker nicht. | } Formel: $C^{64}H^{40}O^{56} + 3HO$ |
| 3. Parapektin, löslich, gummiartig; neutral; fällt Bleizucker, der Niederschlag enthält 10,6 % Bleioryd. | |
| 4. Metapektin, Lackmus schwach röthend; der Bleioryd = Niederschlag enthält 19,4 % Bleioryd. | } dto. |
| 5. Pektosinsäure, in Wasser kaum löslich, bildet eine saure Gallerte; der Blei = Niederschlag enthält 33,4 % Bleioryd. | } " $C^{32}H^{20}O^{28} + 3HO$ |
| 6. Pektinsäure, unlöslich; der Blei = Niederschlag enthält 33,8 % Bleioryd. | } " $C^{32}H^{20}O^{28} + 2HO$ |

- | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------|
| 7. Parapektinsäure, leicht löslich, sehr sauer; der Blei-Niederschlag enthält 40,5 % Bleioryd. | } | Formel: $C^{24}H^{15}O^{21}+2HO$ |
| 8. Metapektinsäure, wie 7; der Blei-Niederschlag enthält 67,2 % Bleioryd. | } | " $C^8H^5O^7+2HO$ |
| 9. Propektinsäure, unlöslich, ein humusartiges Zerfalls-Product des Pektins, woraus es sich durch Erhitzen bei 200° bildet. | } | " $C^{19}H^9O^9$. |

Die Pektose kommt nach Frémy fast in allen pflanzlichen Geweben vor, findet sich aber vorzugsweise im Fleische unreifer Früchte und fleischiger Wurzeln. Beim Reifen der Früchte wird die Pektose in das lösliche Pektin und Parapektin und dann weiter in Metapektinsäure verwandelt.

Das Pektin, in den reifen Früchten vorkommend, entsteht auch aus der Pektose durch Kochen mit Säuren; durch Alkalien und alkalische Erden wird es in Pektinsäure verwandelt, aus welcher Verbindung es durch Säuren unlöslich abgeschieden werden kann. Durch die Pektose, ein Stoff, welcher auf die Pektinkörper als Ferment wirkt, und welcher in den Äpfeln und andern sauren Früchten in unlöslicher Form, in den Kunkelrüben und Mohrrüben dagegen in löslicher Form vorkommt, wird das Pektin in Pektosinsäure verwandelt.

Parapektin wird durch Kochen aus dem Pektin, und Metapektin aus ersterem durch Kochen mit verdünnten Säuren erhalten.

Die Pektinsäure entsteht, wie schon angegeben, aus dem Pektin durch Kochen mit Alkalien oder alkalischen Erden. Durch Kochen der pektinsauren Salze mit Wasser bildet sich die Parapektinsäure; die Metapektinsäure erhält man dagegen aus dem Pektin, wenn dies längere Zeit mit Pektose in Berührung ist. Die beiden letzten Säuren reduciren das Kupferoryd aus einer alkalischen Kupferorydlösung.

§ 17.

III. Die Fette.

Dieselben sind im Pflanzenreiche sehr verbreitet; wir finden das Fett vor allem in den Samen, in kleinen Mengen kommt es wohl in allen Pflanzentheilen vor.

Die Fette sind im reinen Zustande farblos, in Wasser an und für sich unlöslich; sie werden durch die Gegenwart von Basen, Seifen und anderen Stoffen, welche zugleich chemisch auf sie einwirken, mehr oder weniger, in Wasser löslich; löslich sind sie in Aether, Schwefelkohlenstoff, Chloroform u. s. w.; ihre Löslichkeit in Alkohol ist eine verschiedene: in kaltem Alkohol sind sie meistens schwer, dagegen in heißem leichter löslich. Das specifische Gewicht derselben liegt zwischen 0,91 und 0,95.

Die Fette sind Verbindungen von Fettsäuren mit Oxyden gewisser organischer Radicale; der am öftersten vorkommende basische Bestandtheil ist das Glyceryloxyd; ferner ist noch zu nennen das im Wachs vorkommende Myriciloxyd und Ceryloxyd.

Das Glyceryloxyd besteht aus $C^6H^{50}O^3$; es ist eine 3säurige Basis; sowie es durch eine stärkere Basis aus seinen Verbindungen ausgeschieden wird, nimmt es 3 Atome Wasser auf, und verwandelt sich so in Glycerin; dann verhält es sich wie ein Alkohol und wird in neuerer Zeit auch als ein solcher (3säuriger) aufgefaßt. Von den Fettsäuren sind 2 Reihen zu unterscheiden; die einen, welche man „Fettsäuren im engeren Sinne“ nennt, sind nach der Formel $C^{2n}H^{2n}O^4$, die andern, welche durch die Delsäure repräsentirt werden, nach der Formel $C^{2n}H^{2n-2}O^4$ zusammengesetzt; diese enthalten also 2 Atome Wasserstoff weniger als die ersteren. Die Glieder dieser beiden Fettsäure-Reihen, verbunden mit den genannten basischen Körpern, bilden die sogenannten Fette oder Glyceride. Die Fette sind also, wie aus den Formeln ersichtlich ist, sauerstoffarme Körper: sie enthalten weniger Sauerstoff als erforderlich ist, um mit dem Wasserstoff Wasser zu bilden.

Die wichtigsten Fettsäuren sind:

a. Die Fettsäuren im engeren Sinne,
Formel $C^{2n}H^{2n}O^4$.

α. Stearinsäure, Talgsäure, sie hat die Formel $C^{36}H^{36}O^4$ und kommt mit Glyceryloxyd verbunden als sogen. Stearin im Pflanzenreiche ganz allgemein verbreitet vor. Ihr Schmelzpunkt liegt bei $69,2^{\circ}C$.

β. Palmitinsäure, $C^{32}H^{32}O^4$, kommt mit Glyceryloxyd (auch Ceryloxyd) verbunden als Palmitin ebenfalls ganz allgemein vor; Schmelzpunkt $62^{\circ}C$.

Man stellte früher zwischen Stearinsäure und Palmitinsäure die Margarinsäure mit der Formel $C^{34}H^{34}O^4$; nach neueren Untersuchungen jedoch ist das Margarin nur ein Gemisch von Stearin und Palmitin.

γ. Myristicinsäure, $C^{28}H^{28}O^4$. Das Glycerid derselben kommt ebenfalls in dem pflanzlichen Fett allgemein vor, z. B. in den Muskatnüssen; Schmelzpunkt $53,8^{\circ}C$.

δ. Laurinsäure, $C^{24}H^{24}O^4$. Das Glycerid dieser Säure ist in dem Cocosöl, den Lorbeerblättern zc. enthalten; Schmelzpunkt $43,6^{\circ}C$.

Ich führe ferner nur noch als hierher gehörig an: die Caprinsäure $C^{20}H^{20}O^6$, die Capransäure $C^{16}H^{16}O^4$, die Capronsäure $C^{12}H^{12}O^4$, Baldriansäure $C^{10}H^{10}O^4$ und die Butterfäure $C^8H^8O^4$, letztere kommt wahrscheinlich bereits gebildet nicht vor, sondern ist stets nur ein Versehungs-Product.

b. Die Fettsäuren nach der Formel $C^{2n}H^{2n-2}O^4$.

1. Die Olein- oder Oelsäure, $C^{36}H^{34}O^4$; dieselbe ist in den flüssigen Pflanzenfetten enthalten; sie erstarrt bei -4° . Die Säure ist außerordentlich leicht veränderlich und daher auch rein schwer darzustellen, indem sie aus der Luft Sauerstoff aufnimmt und so gelb und ranzig riechend und schmeckend wird; rein ist sie weiß, geruch- und farblos. Durch die bloße Gegenwart von salpetriger Säure erstarrt sie und wird, ohne ihre Elementar-Zusammensetzung zu verändern, in die isomere, d. h. gleich zusammengesetzte Elaidinsäure, welche bei 45° schmilzt, verwandelt.

2. Die Olinensäure oder die Oelsäure der trocknenden Oele; das Glycerid dieser Säure, das Olin, ist der flüssige Theil der an der Luft eintrocknenden Oele. Ihre Zusammensetzung ist noch nicht festgestellt; von der Oleinsäure unterscheidet sie sich dadurch, daß sie durch salpetrige Säure nicht erstarrt.

3. Ricinölsäure, $C^{36}H^{34}O^4$, kommt im Ricinusöl vor und steht der Oleinsäure am nächsten; auch sie erstarrt durch salpetrige Säure und wird durch sie in die isomere Ricin-elaidinsäure verwandelt.

4. Hypogäasäure, $C^{32}H^{30}O^4$, kommt an Glycerinhydrat gebunden im Erdnußöl vor, schmilzt bei $30^{\circ}C$, ist farb- und geruchlos; durch salpetrige Säure entsteht aus Hypogäasäure die isomere Gaëdinsäure.

§ 18.

IV. Die Wachsarten.

Die Wachsarten sind noch lange nicht so genau untersucht als die Fette; sie stehen letzteren sehr nahe: die Unterscheidungs-

merkmale derselben von den Fetten sind ihr eigenthümlicher Glanz, ihre Unlöslichkeit oder Schwerlöslichkeit in kaltem, sowie theilweise auch in heißem Alkohol, ihre Sprödigkeit und höheren Schmelzpunkte. Auch die Wachsorten sind meistens Verbindungen einer Fettsäure mit einer Fettbasis, als welche letztere an Stelle des Glycerinloyds das Ceryloyd und Myricinloyd fungirt.

Hervorzuheben, als den Pflanzen eigenthümlich, sind:

α. Das Palmwachs, es ist dies ein Gemisch von Harz mit Wachs; schmilzt bei 72°C.

β. Das Cerosin; dieses kommt am Stamme und an den Blattstielen des Zuckerrohrs vor, ist nach der Formel $C^{48}H^{80}O^2$ zusammengesetzt und schmilzt bei 93°C.

γ. Der wachsartige Stoff in den Cuticular-Gebilden.

δ. Das Chlorophyllwachs.

Ferner kommen wachsartige Körper in dem Humus, den Braun- und Steinkohlen vor; in letzteren hat Brückner 3 wachsartige Stoffe, das Geomyricin, die Geocerinssäure und das Geoceraïn nachgewiesen.

V. Die ätherischen Oele und Campher.

Der theils angenehme, theils unangenehme Geruch der Blüthen und anderen Theile der Pflanzen wird durch bei gewöhnlicher Temperatur flüchtige Stoffe bedingt. — Nach Millon's Untersuchungen sollen allerdings viele Wohlgerüche der Blumen nicht von ätherischen Oelen herrühren. — Isolirt sind dieselben entweder flüchtig und führen den Namen „ätherische Oele“, oder fest und heißen dann „Campher“. Die zu dieser Gruppe gehörenden Körper sind entweder sauerstoffarm, oder ohne Sauerstoff, daher sehr brennbar. In Alkohol und Aether leicht, dagegen in Wasser wenig löslich. Die meisten ätherischen Oele sind farblos oder gelbgefärbt; jedoch kommen auch verschieden gefärbte vor.

Nach ihrer Zusammensetzung theilt man die ätherischen Oele ein in:

- a. Kohlenwasserstoffe,
- b. sauerstoffhaltige Oele,
- c. schwefelhaltige Oele.

a. Die Kohlenwasserstoffe.

Die hierher gehörigen Körper bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff; sie zerfallen in:

1. Die Camphengruppe. Dieselbe hat die Formel $C^{10}H^8$ oder das vielfache hiervon; die wichtigsten sind:

α. Das Terpentinöl. Das Terpentinöl fließt in den Monaten Februar bis October aus verschiedenen zur Familie der Nadelhölzer gehörenden Bäumen und zwar im Vereine mit einem Harz und führt so den Namen Terpentin.

Das Oel der verschiedenen Terpentinarthen ist nicht immer ganz identisch, sondern unterscheidet sich im Verhalten gegen das polarisirte Licht von einander, indem das eine die polarisirte Ebene links (das aus französischem Terpentin), ein anderes rechts (das aus englischem) dreht.

Es ist ein farbloses, balsamisch durchdringend riechendes und brennend schmeckendes Oel. Es löst Schwefel, Phosphor, Kautschuk, sowie sauerstoffarme organische Körper. In Wasser ist es wenig, in absolutem Alkohol in jedem Verhältniß löslich; je mehr Wasser im Alkohol, um so weniger ist es in demselben löslich. Kochpunkt 160° , sp. G. 0,86. Das Terpentinöl verbindet sich jedoch mit Wasser in mehreren Verhältnissen zu sog. Hydraten. An der Luft verwandelt sich das Terpentinöl unter Sauerstoffaufnahme und Bildung von Ameisensäure in Harz. Durch Einwirkung von Chlor, Chlornasserstoffsäure, Salpetersäure u. s. w. entstehen verschiedene neue Körper.

β. Hopfenöl. Dasselbe ist mit einem sauerstoffhaltigen Oel in den weiblichen Blüthen des Hopfens enthalten; es bedingt das Aroma des Hopfens und ist eine bräunlich-gelbe, brennend schmeckende und stark riechende Flüssigkeit; es wirkt nicht narkotisch.

γ. Citronenöl; in den Citronenschalen enthalten und aus diesen durch Auspressen zu gewinnen; es ist farblos, hat ein sp. G. von 0,85 und siedet bei 164°C .

Dann sind hier noch das Kümmelöl, das Camphän im Pfeffer, Koriander, Fenchel, Ingwer, Anis, das Bergamotöl, das Orangenblüthenöl u. s. w. zu nennen.

2. Kohlenwasserstoffe von der Formel C^nH^n . Hierher gehört das feste Oel (Stearopten) des Rosenöls und des Steinöls (Petroleum); das Stearopten des Rosenöls ist in demselben gelöst vorhanden, bedingt aber nicht den so schönen Geruch desselben; letzterer hängt von dem sauerstoffhaltigen Oel desselben ab. Der Siedepunkt liegt bei 280° , Schmelzpunkt bei 35° .

b. Sauerstoffhaltige Oele.

Dieselben haben ein größeres specifisches Gewicht, ein schwächeres Lichtbrechungsvermögen und einen höhern Siedepunkt als die Kohlenwasserstoffe. Diese Oele kommen in manchen wildwachsenden Pflanzen vor und verleihen denselben entweder

einen giftigen oder gewürzhaften Charakter. Hierher gehören, als in Pflanzen vorkommend:

α. Der gewöhnliche Campher, Formel $C^{20}H^{16}O^2$; er ist in allen Theilen des Campherbaumes (Laurus Camphora), ferner in vielen Labiaten (im Lavendel, Rosmarin zc.) und in mehreren Lorbeerarten enthalten. Er ist weiß, durchscheinend, hat den bekannten charakteristischen Geruch und einen brennenden Geschmack, ist in Alkohol, Aether, fetten ätherischen Oelen, Mineralsäuren zc. leicht, auch in Wasser etwas löslich. Der Schmelzpunkt desselben liegt bei 175° und der Kochpunkt bei $204^{\circ}C$.

β. Wermuthöl, $C^{20}H^{16}O^2$, in dem Wermuthkraute vorkommend; dasselbe kocht bei $205^{\circ}C$.

γ. Der Borneocampher, $C^{20}H^{18}O^2$, kommt in Dryobalanops Camphora vor und kann auch künstlich, z. B. aus dem Campheröl, dargestellt werden.

δ. Menthenecampher, der feste Theil des Pfeffermünzöls, $C^{20}H^{20}O^2$; Schmelzpunkt 25° , Kochpunkt $208^{\circ}C$.

ε. Cederncampher, $C^{30}H^{26}O^2$, wird aus dem Cedernholze gewonnen; schmilzt bei 74° und kocht bei $282^{\circ}C$.

ζ. Cumarin, $C^{18}H^{6}O^4$, kommt im Waldmeister, in der Tonkabohne, im Anthoxanthum odoratum und in vielen andern Pflanzen vor und ist die Ursache des schönen Aromas derselben. Es schmilzt bei 50° und kocht bei $270^{\circ}C$., ist in heißem Wasser, in Aether und Alkohol löslich.

Außerdem kommen in den Pflanzen noch manche weitere campherartige Stoffe vor, die ich hier nicht weiter aufführe.

c. Schwefelhaltige ätherische Oele.

Hier sind zu erwähnen die flüchtigen Oele der Cruciferen und Alliaceen. Es sind dies Verbindungen von Alhyl (C^6H^5) mit Schwefel oder Schwefelcyan; zur ersten Gruppe gehört das flüchtige Oel des Knoblauchs, der Brunnenkresse u. s. w., zur zweiten das Oel des Rettigs, des Meerrettigs, das Senföl u. s. w.

§ 19.

VI. Die Harze.

Die Harze kommen meistens mit den ätherischen Oelen zusammen in den Pflanzen vor und sind zum Theil als Oxydationsproducte derselben zu betrachten. Die Harze sind zwar alle sauerstoffhaltige, aber doch sauerstoffarme Körper, nicht flüchtig,

fest und meistens amorph, selten krystallinisch, in der Wärme schmelzbar, unlöslich in Wasser, löslich dagegen meistens in Aether, Alkohol, fetten und ätherischen Oelen. Zu nennen sind hier:

a. Die Terpentinharze. Das Vorkommen des Terpentins ist schon bei dem Terpentinöl, welches mit dem Terpentinharze dasselbe bildet, besprochen. Man unterscheidet mehrere Terpentine, je nach den Bäumen, aus denen sie gewonnen werden, so den gemeinen Terpentin aus *Pinus sylvestris*, den venetianischen Terpentin hauptsächlich aus *Pinus larix*, den ungarischen Terpentin aus *Pinus pumilio* und *Pinus cembra* stammend u. s. w. Das Terpentinharz besteht aus 3 isomeren Säuren nach der Formel $C^{40}H^{30}O^4$, der Sybin säure, der Pinin säure und der Pimar säure. Die Alkalisalze dieser Säuren, welche den Namen Harzseifen führen, sind in Wasser löslich und die Lösung schäumt wie Seifenwasser.

Das Terpentin unter Ersatz des verdampfenden Wassers einige Zeit geschmolzen, giebt beim Erstarren das weiße Harz; wird das Wasser hierbei nicht ersetzt, so wird das Harz gebräunt und liefert das Colophonium.

b. Der Copal stammt von west- und ostindischen und brasilianischen Bäumen, z. B. von *Amyris copallifera*; seine Eigenschaften sind nach den Bäumen, von denen er gewonnen wird, verschieden.

c. Das Dammarharz wird von *Dammara orientalis* (auf den Molukken) und von *Dammara australis* (Neuseeland) gewonnen.

d. Der Mastix wird aus *Pistacio Lentiscus* (im nördlichen Afrika und den griechischen Inseln) erhalten.

e. Das Guajacharz wird von *Guajacum officinale* (Westindien) gewonnen.

f. Der Gummilack (Schellack, Körnerlack) fließt aus mehreren ostindischen Feigenarten durch den Stich der Lackschildlaus aus; er ist das Hauptmaterial zur Siegellack-Fabrikation.

Erwähnungswerth sind ferner noch das Elemiharz, Gummigutt u. s. w.

§ 20.

VII. Die Kautschukkörper.

Dieselben kommen in den Milchsäften vieler Pflanzen vor, namentlich den Euphorbiaceen, Urbiceen u. s. w.; sie sind

farblos, fest, amorph, nicht flüchtig und entweder schon bei gewöhnlicher Temperatur oder beim Erwärmen sehr elastisch; in Wasser und Alkohol unlöslich, dagegen in Aether und Chloroform löslich. Die Kautschukkörper stehen den ätherischen Oelen und den Harzen sehr nahe; sie sind Kohlenwasserstoffe mit Ausnahme des Biscins, welches sauerstoffhaltig ist.

Zu nennen sind hier:

a. Der gemeine Kautschuk (Gummi elasticum), vor allem von *Siphonia elastica* stammend, hat die Formel $C^{16}H^{14}$ und schmilzt bei 230° .

b. Das Gutta percha stammt von *Isonandra Gutta* (Ostindien) und ist dem Kautschuk äußerst ähnlich.

c. Biscin (Bogelleim), ist in den Beeren der Mistel enthalten; es ist ein wasserheller klebriger Stoff.

§ 21.

VIII. Die Pflanzensäuren

bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und enthalten alle mehr Sauerstoff als zur Bildung von Wasser mit dem Wasserstoff erforderlich ist. Diese Säuren kommen theils frei, theils an Basen, und zwar unorganische, sowie organische gebunden, in den Pflanzen vor; sie sind im Pflanzenreich so verbreitet, daß wohl keine Pflanze oder einer ihrer Theile, ohne eine oder mehrere derselben ist.

Die wichtigsten derselben sind:

1. Die Oxalsäure (Kleesäure, Sauerkleesäure) kommt namentlich an Kali und Kalkerde gebunden in sehr vielen, vielleicht in allen Pflanzen vor, z. B. im Sauerampfer, im Sauerklee, ebenso findet sie sich, jedoch seltener, in einigen als freie Säure. Die Oxalsäure bestände, wenn sie wasserfrei existiren könnte, nur aus Kohlenstoff und Sauerstoff; wasserfrei kommt sie jedoch nur an wenige Basen gebunden vor; ihr Hydrat hat die Formel $C^4O^6 + 2HO$; die krystallisirte Säure hat noch 4 Atome Wasser mehr und hat demnach die Formel $C^4O^6 + 6HO$.

Sie ist farblos, löst sich leicht in Wasser, und zwar um so leichter, je wärmer dasselbe ist; auch in Alkohol ist sie löslich; sie gehört zu den stärksten organischen Säuren, in Folge dessen hat sie große Verwandtschaft zu den Basen, in welcher Eigenschaft sie sogar unter Umständen noch starke Mineralsäuren übertrifft: es gilt dies vor allem in Betreff des Kalkes.

Die Oxalsäure bildet mit den Basen neutrale und saure Salze, letztere vorherrschend mit den Alkalien. Beim Erhitzen der oxalsauren Salze entsteht entweder das neutrale kohlen saure Salz der Basis und Kohlenoxydgas entweicht, oder es entsteht Kohlen säure und das Metall bleibt regulinisch zurück.

2. Ameisensäure, C^2HO^3 , die Formel des Hydrats ist C^2HO^3HO oder $C^2H^2O^4$. In den Pflanzen ist dieselbe bis jetzt nur in den Brennhaaren gewisser Nesseln gefunden worden. Im concentrirten Zustande ist sie eine farblose Flüssigkeit, welche an der Luft schwach raucht und penetrant riecht; sie ist eine viel schwächere Säure, als die Oxalsäure und bildet nur neutrale Salze. In den Pflanzen ist bis jetzt kein Salz der Ameisensäure gefunden worden.

3. Traubensäure (Paraweinsäure), Formel: $C^8H^6O^{12}$, die des Hydrats $C^8H^6O^{12}+2HO$; die krystallisirte Säure hat noch 2 Atome Krystallwasser mehr; sie ist der Weinsäure isomer, von welcher sie sich nur durch die Unlöslichkeit des Kalzsalzes in Salmiak und dadurch, daß sie mit löslichen Kalzsalzen Niederschläge giebt, unterscheidet.

Von Pasteur ist in der Traubensäure die rechts und links drehende Weinsäure nachgewiesen. — Die Traubensäure kommt in den Weintrauben vor.

4. Die Wein- oder Weinsäure, Formel: $C^8H^4O^{10}$, die des Hydrats $C^8H^4O^{10}, 2HO$. Diese Säure ist in den Weintrauben, sowie in manchen andern Pflanzen enthalten, in der Regel aber nicht als freie Säure, sondern gebunden an Kali oder Kalk. Die Weinsäure ist eine der stärksten organischen Säuren und hat große Neigung, saure Salze und Doppelsalze zu bilden. Durch Erhitzen mit Kalihydrat zerfällt sie in Oxalsäure und Essigsäurehydrat. Ihre Lösungen zersetzen sich leicht. Interessant ist das Verhalten der Weinsäure in der Hitze: bei $170-180^\circ$ schmilzt sie und verwandelt sich in die Metaweinsäure (Tartralsäure), dann in die Isoweinsäure (Tartrelsäure), weiter erhitzt entsteht Tartrylsäure, dann die Brenzwein- und Brenztraubensäure. Die gewöhnliche Weinsäure polarisirt rechts; es giebt dann noch eine links polarisirende und eine optisch indifferente Weinsäure.

5. Die Citronensäure, Formel: $C^{12}H^8O^{14}$; die krystallisirte Säure enthält noch 2 Atome HO. Die Säure ist in dem Saft vieler Früchte theils frei, theils an Basen gebunden, enthalten, wie in den Citronen, Stachelbeeren, Johannisbeeren, Pommeranzen, Kirschen, Preiselbeeren, Himbeeren, Hagebutten

u. s. w.; ferner kommt sie in den Zwiebeln, Kartoffeln, Kunkelrübenblättern, im Krapp u. s. w. vor. Die Citronensäure ist geruch- und farblos, in Wasser leicht, ebenfalls in Alkohol löslich, dagegen unlöslich in Aether. Durch Erhitzen erhält man aus der Citronensäure (bei 175°C):

Die Aconitsäure, $\text{C}^{12}\text{H}^6\text{O}^{12}$, welche in den Aconitum-Arten natürlich vorkommt; weiter erhitzt die Itaconsäure ($\text{C}^{10}\text{H}^6\text{O}^8$), welche bei wiederholter Destillation die Citraconsäure ($\text{C}^{10}\text{H}^4\text{O}^6$) giebt.

6. Apfelsäure, Formel: $\text{C}^8\text{H}^6\text{O}^{10}$, ist eine der verbreitetsten Pflanzen Säuren; in größter Menge finden wir sie in vielen unreifen fleischigen Früchten, z. B. in den Äpfeln, Vogelbeeren; ferner ist sie auch in den Kartoffeln, in den Deckblättern der Haselnüsse u. s. w. gefunden worden. Sie kommt in den Pflanzen Säften an Alkalien und Kalkerde gebunden vor.

Die Apfelsäure krystallisirt schwer, sie stellt gewöhnlich eine dicke Flüssigkeit dar; an der Luft zerfließt sie, ist in Wasser und Alkohol leicht löslich und schmeckt sehr sauer.

Durch Hitze (bei 175°C .) verwandelt sie sich in 2 isomere Säuren, nämlich in die Equisetsäure, in den Equisetum-Arten vorkommend, und in die Fumarsäure; durch Gährung bildet sich die Bernsteinsäure.

Ferner ist noch als in einzelnen Pflanzen vorkommend zu nennen, die Mekonsäure ($\text{C}^{14}\text{H}^{\text{O}^{11}} + 3\text{HO}$), welche im Mohnsafte vorkommt, und die Chinasäure ($\text{C}^{14}\text{H}^{11}\text{O}^{11} + \text{HO}$), ein Bestandtheil der Chinarinde.

7. Die Gerbsäuren. Die Gerbsäuren sind in den Pflanzen sehr verbreitet. Wir finden sie z. B. in den Rinden fast aller unserer Bäume, in vielen Hölzern, in Wurzeln, Blättern, Früchten und krankhaften Mißbildungen u. s. w. Die Gerbsäuren sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, unkrystallisirbar und besitzen einen herben adstringirenden Geschmack; sie sind in Wasser, zum Theil auch in Alkohol und Aether löslich. Mit Leim, mit Proteinstoffen, mit der thierischen Haut, wodurch sie ihren Namen erhalten haben, und mit den meisten schweren Metalloxyden bilden sie unlösliche Verbindungen, von denen die ersteren säulnißwidrig und die letzteren mannigfach gefärbt sind; besonders hervorzuheben sind die Verbindungen derselben mit Eisenoxyd.

a. Die Gallusgerbsäure.

Dieselbe ist in den Galläpfeln, in allen Theilen der Färbeweiche, im Sumach u. s. w. enthalten; sie ist schwach gelblich

gefärbt, amorph, stark sauer reagirend, löslich in Wasser, Alkohol und Aether; an der Luft wird sie verändert (Entstehung von Gallussäure); sie färbt Eisenoxydsalze schwarzblau (Tinte); ihre neutralen Verbindungen mit den alkalischen Erden und schweren Metalloxyden sind unlöslich, die sauren löslich; sie fällt den thierischen Leim, was sie von der Gallussäure unterscheidet.

Durch Oxydation an der Luft, sowie durch Gährung wird die Gerbsäure in Gallussäure, bei Gegenwart von Kali in Rothgerbsäure verwandelt.

b. Die Gallussäure

kommt in verschiedenen Pflanzen bereits gebildet vor, z. B. in der Kiefernurze, im Rhabarber u. s. w.; in den Galläpfeln ist sie nicht enthalten; sie ist, wie oben angegeben, das wichtigste Zersetzung=Product der Gerbsäure.

Die Gallussäure krystallisirt in farblosen, seidenglänzenden Nadeln und reagirt stark sauer; bei 212°C. bildet sich aus ihr die Brenzgallussäure. In heißem Wasser und Alkohol ist sie leicht löslich, schwer dagegen in Aether und kaltem Wasser. Sie fällt Leim nur bei Gegenwart von Pflanzenschleim; mit thierischer Haut bildet sie kein Leder.

Obgleich sie sich mit den meisten Basen verbindet, so ist doch ihre Verwandtschaft zu denselben nicht groß, sie bildet sowohl neutrale, saure, als auch basische Salze. Freies Alkali bewirkt schnelle Umsetzung der Gallussäure, wobei sie sich gelb, dann grün, blau, roth und schließlich braun färbt, indem sie in einen humusartigen Körper verwandelt wird. Mit Eisenoxydsalzen giebt sie eine blaue, dann schwarze Verbindung, welche letztere aus Gallussäure und Eisenoxyduloxyd besteht, indem ein Theil des Oxyds durch die Säure reducirt ist. Durch concentrirte Schwefelsäure entsteht aus der Gallussäure die Rothgallussäure, durch kohlensaure alkalische Erden die Blaugallussäure, durch Erhitzen bei 185° bis 215°C. die Pyrogallussäure.

Von den übrigen Gerbstoffen sind noch die Catechugerbsäure, der Chinagerbstoff, der Quercitrongerbstoff, die Moringerbsäure und die Morinsäure, die Gerbsäuren aus der Kiefer und die Kaffeegerbsäure anzuführen.

§ 22.

IX. Die Pflanzenfarbstoffe.

Zu dieser Gruppe gehören alle diejenigen pflanzlichen Stoffe, welche sich durch ihre Färbung charakterisiren, wobei es gleichgültig ist, ob dieselben schon der Pflanze mit der eigenthümlichen Farbe angehören (die eigentlichen Pigmente) oder ob sie erst durch nachherige Oxydation (Chromogene) gefärbt werden. Alle diese Farbstoffe sind in den Pflanzen ganz allgemein verbreitet, kommen jedoch in denselben nur in verhältnißmäßig geringen Mengen vor; sie sind vorzugsweise in den äußeren Zellschichten der Pflanzenoberfläche, vor Allem in den dem Einflusse des Lichtes ausgesetzten Theilen vorhanden und zwar entweder in wässriger Lösung oder in körnigen Ablagerungen innerhalb der Zellen.

Alle hierher gehörigen Stoffe sind bis jetzt verhältnißmäßig noch wenig erforscht; am geringsten sind unsere Kenntnisse über die eigentlichen Pigmente, weit mehr sind dagegen die Chromogene, d. h. also die in den Pflanzen vorgebildeten, von denselben aber noch nicht fertig erzeugten Farbstoffe bekannt. Die Ueberführung der Chromogene in die eigentlichen Farbstoffe geschieht, soweit bis jetzt festgestellt, durch die Einwirkung von Sauerstoff und zwar genügt hierzu entweder feuchter Sauerstoff allein (der Sauerstoff der Luft, oder derselbe im statu nascente, oder derselbe bei Gegenwart starker Basen), oder es ist neben Wasser und Sauerstoff noch Ammoniak erforderlich.

Die meisten Pflanzenfarbstoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, ein Theil enthält jedoch auch noch Stickstoff.

§ 23.

I. Das Chlorophyll (Blattgrün).

Mit dem Namen Chlorophyll ist der Farbstoff, welcher die im Pflanzengewebe so allgemein verbreitete grüne Färbung hervorbringt, belegt worden. Das Chlorophyll-Pigment ist stets an feste, kuglich gestaltete Ablagerungen im Innern der Zellen gebunden, und zwar so fest, daß man bei oberflächlicher Betrachtung leicht geneigt sein kann, diese Kügelchen für den Farbstoff selbst zu halten; in Wirklichkeit macht aber das Pigment nur den geringsten Theil der sog. Chlorophyll-Körperchen aus; die Hauptmasse derselben besteht aus einem wachsartigen

Körper, welcher von eiweißartigen Stoffen und häufig auch von Stärkemehl begleitet ist. Das Chlorophyll ist nicht in den Epidermiszellen, sondern in den etwas tiefer gelegenen Zellen, welche von den ersteren bedeckt sind, enthalten: wir finden es überall da, wo unter dem Einfluß des Lichtes Sauerstoff abgegeben wird

Ueber das Chlorophyll sind eine ziemlich bedeutende Anzahl Untersuchungen angestellt worden, ohne daß dieselben aber bis jetzt zu einem Abschluß gekommen wären.

Das nach der Methode von Berzelius dargestellte Chlorophyll ist eine amorphe, dunkelgrüne Masse, welche in Wasser un- und in Alkohol, Aether, ätherischen und fetten Oelen auflöslich ist. Diese Lösungen sind schön grün und werden durch das Sonnenlicht bald gelb gefärbt. Die Zusammensetzung dieses Chlorophylls ist nach Mulder $C^{18}H^{19}NO^3$.

Nach Sachs ist in den Pflanzentheilen, welche fähig sind, grün zu werden, ein farbloses Chlorophyll-Chromogen vorhanden; nach ihm enthält das Plasma bereits einen Stoff, welcher nur eines letzten chemischen Impulses bedarf, um grün zu werden; diesen Impuls giebt aber nicht das Licht, sondern der active Sauerstoff. Sachs beweist dies dadurch, daß er in dem Plasma derjenigen, welche im Stande sind, im Lichte in kurzer Zeit grün zu werden, einen Stoff gefunden hat, welcher durch concentrirte Schwefelsäure sogleich spangrün gefärbt wird und daß die fertigen hellgrünen Chlorophyllkörner bei Einwirkung von Schwefelsäure ganz dieselbe spangrüne Farbe zeigen. Sachs nennt das farblose Chlorophyll Leukophyll.

Pfaundler behauptet mit Berdeil, daß die Bildung des grünen Farbstoffes an das Vorhandensein von Eisen geknüpft sei und führt hierfür die Versuche von Salm-Horstmar, sowie seine eigenen an, bei denen Pflanzen ohne Eisen bleichföchtig geworden waren; nach ihm ist das Grünwerden ein Uebergang von Eisenoxydul in Eisenoxyd: das von Pfaundler dargestellte Chlorophyll bestand aus 60,8 C., 6,4 H., 31,9 O. und 0,9 Asche, in der bestimmt Eisen nachweisbar war.

Frémy erklärt den grünen Farbstoff der Blätter für eine Mischung eines blauen und gelben Farbstoffes, da es ihm gelungen ist, aus dem Blattgrün einen blauen und gelben Farbstoff darzustellen. Frémy nennt den gelben Farbstoff Phylloxanthin und den blauen Phyllocyanin; der letztere wird durch Basen entfärbt (gelb) und durch Säuren wieder regenerirt; den so erhaltenen Farbstoff, welcher, wenn er mit einem andern

gelben Farbstoff zusammenkommt, sich mit diesem zu grün vereinigt, nennt Fremy Phylloxantein. Der letztere Farbstoff ist in den jungen Trieben und in den bei Abschluß des Lichtes gewachsenen Pflanzen enthalten; die im Herbst gelb gewordenen Blätter sind durch Phylloxanthin gelb gefärbt.

Die neuesten Untersuchungen über den Farbstoff der Blätter liegen von Chatin und Filhol vor; nach diesen Forschern enthalten sowohl die Blätter, als auch andere sich schnell entwickelnde Pflanzengewebe eine Substanz, welche begierig Sauerstoff aufnimmt, und dadurch braun gefärbt wird und dann die Herbstfarbe der Blätter bedingt. Das Chlorophyll wird durch die Einwirkung von Licht und Luft gelbbraun, und dann in dem Falle wieder grün, wenn es etwas Xanthin enthält. Alkalien begünstigen diese, von Absorption von Sauerstoff begleitete Veränderung des Chlorophylls, Säuren dagegen erschweren sie, die Mineralsäuren verändern es gänzlich; hierbei wird Sauerstoff absorbiert und Kohlensäure ausgeschieden.

Bayen hat aus der Cuticula der Blätter mehrere fettartige Substanzen ausgezogen. Chatin und Filhol haben nun gefunden, daß die Oberfläche der jungen Blätter, ebenso die Blätter der Blumen mit einer schützenden fettartigen Materie überzogen sind, welche sich verändert, je näher die Periode des Gelbwerdens oder des Färbens der Blätter herantritt.

Als die Verfasser grüne Blätter durch Eintauchen in reinen oder besser in ammoniakhaltigen Aether von der Fettschicht befreien und dann der Luft aussetzen, nahmen sie ziemlich rasch die Farbe abgestorbener Blätter an. Ammoniak begünstigt ebenso, wie die andern Alkalien die Umwandlung der obengenannten Substanz A., welche der zersetzenden Wirkung der physiologisch chemischen Agentien nicht widerstehen kann, einmal, weil sie nicht genügend durch die fettartige Firnißschicht geschützt ist, dann aber ohne Zweifel auch, weil das Leben der Zellen durch den Aether alterirt wird. Der Sauerstoff der Luft wird hierbei zu Kohlensäure. Die Blüthen erleiden dieselbe Veränderung.

Die meisten weiß gefärbten Blätter färben sich nach der Einwirkung des ammoniakhaltigen Aethers braun, selten nur bleiben sie weiß, in Folge der ausnahmsweisen Abwesenheit der Substanz A.

Die Blätter mehrerer Pflanzen färben sich gegen Ende des Sommers gelb, dann roth, aber niemals zuerst roth und dann gelb. Die gelb gewordenen Blätter werden nach der Behandlung

mit ammoniakhaltigem Aether und nachherigem Auslegen an der Luft roth, indem sie Sauerstoff absorbiren; schweflige Säure und andere Desoxydationsmittel färben die roth gewordenen Blätter wieder gelb. Die gelben und insbesondere die rothen Blätter enthalten mehr oder weniger von der braunen Substanz der abgestorbenen Blätter.

Die gelben Blätter, welche später die rothe Färbung annehmen, scheinen in dem ersten Grade der Oxydation der rothen zu stehen. Bei einigen Pflanzen, z. B. den Pappeln, werden die Blätter nur gelb, nie roth; dasselbe gilt von den gelben Früchten von Prunus, Ribes 2c.

Die rothen Blätter enthalten gewöhnlich noch gelbe Substanz unter der rothen, welche ihre Oberfläche färbt; man kann die gelbe durch Aether ausziehen und dann durch Ammoniak an der Luft in die rothe überführen.

Das Cyanin in den Blättern von Pelargonium Zonale und anderen Pflanzen färbt manche Blätter roth; eine andere Substanz, welche sich durch ihre Nichtfärbung im zerstreuten Licht auszeichnet, färbt die Berberis-Blätter roth. Aether entzieht den Nußblättern eine farblose Substanz, welche durch Ammoniak und Luft eine schön violette Farbe annimmt. Diese Substanz wird während der herbftlichen Färbung zerstört; sie findet sich in den Blättern während des Frühlings nicht.

Läßt man Eisenchlorür in ätherischer Lösung auf grüne, weiße, gelbe, rothe oder braune Blätter einwirken, so werden diese mehr oder weniger tiefschwarz; die ätherische Lösung zeigt auch die Gegenwart der Gerbsäure in den sehr dunkelbraun gefärbten Blättern an.

In den Blättern und im Allgemeinen in allen krautartigen Theilen ist Quercitrin; mit demselben kommt bisweilen Gallussäure vor, welche beide mit dem Eisensalze eine braune Farbe geben. Neben dem Quercitrin oder auch bei dessen Abwesenheit findet man ferner das Quercetin und das Melin (Bolley, Stein). Diese Substanzen kommen in verschiedenen Mengen vor; das Quercitrin ist das verbreitetste, das Tannin kommt viel weniger vor; die Gallussäure ist selten.

Diese kurze Besprechung der wesentlichsten Arbeiten über die Farbstoffe der Blätter zeigt, daß die Kenntniß derselben noch leider wenig vorgeschritten und deshalb gerade hier noch sehr viel zu thun ist.

2. Die Farbstoffe der Blüthen.

Ueber die Farbstoffe der Blüthen wissen wir bis jetzt sehr wenig. Nach Filhol ist fast in allen Blüthen eine Substanz verbreitet, welche mit Säuren farblose Lösungen giebt und durch Alkali schön gelb gefärbt wird, und welche von Marquart Blumenharz, von Hope Xanthogen genannt und von Martens mit Extractivstoff bezeichnet ist. Diese Substanz ist fest, etwas ins Grünliche spielend hellgelb, aber nicht krystallisirbar und nicht flüchtig; in Wasser, Aether und Alkohol löslich und dem Luteolin sehr ähnlich. Filhol nennt dieselben auch Xanthogen. Von dem Xanthein Frémy's führt Filhol an, daß er es in vielen Blüthen allein oder mit Chyanin gefunden habe.

Als Beispiel besonderer Blüthenfarbstoffe sind die im Safran und Saflor vorkommenden, als Farbe-Materialien benutzten Farbstoffe zu nennen. Das Safran aus den getrockneten Narben von *Crocus sativus* bestehend, enthält außer einem gelben ätherischen Oele und einem andern Farbstoff, einen rothen Farbstoff, Polychroit. Das Saflor, welches aus den kaum aufgebrochenen Blüthen von *Carthamus tinctorius* besteht, enthält einen gelben und einen rothen Farbstoff, das Saflorgelb und Saflorroth. (Schulze.)

3. Der Indigo.

Der Indigo kommt in den Pflanzen nicht fertig gebildet vor; das Chromogen desselben ist in verschiedenen Pflanzen, sowie in mehreren Species von Indigofera, in *Galega tinctoria*, *Isatis tinctoria*, *Polygonum tinctorium* zc. enthalten. Das Indigo des Handels enthält hauptsächlich 4 stickstoffhaltige, organische Farbstoffe: das Indigblau, den für das Färben wichtigsten Stoff, den Indigleim, das Indigbraun und Indigroth.

Die Güte des Indigo erkennt man physikalisch hauptsächlich an der mehr violetten, als rein blauen Farbe, dann daran, daß er, mit dem Nagel gerieben, einen schönen Kupferglanz zeigt, auf dem Bruche rein, leicht zerbrechlich und ohne Geruch ist; chemisch an der zu seiner Entfärbung erforderlichen Chlormenge.

Nach Schunk's Untersuchungen über den Waid ist in demselben ein Mutterstoff, das Indican $C^{52}H^{31}NO^{34}$ enthalten,

welcher vielleicht von einem Proteinstoffe abstammt, syrupsartig ist und sich ohne Wasser zersetzt.

Aus dem Indican erzeugen

a. die Mineralsäuren

1. die in Wasser unlöslichen Stoffe: das Indigblau, Indirubin, Indifulvin, Indihumin und Indifuscin,
2. die in Wasser löslichen Stoffe: Leucin, Indiglucin und niedere Säuren $C^aH^bO^n$.

b. Alkalien verwandeln das Indican in das Indicanin, einen Körper, der kein Indigblau aber Indigroth bei der Zersetzung mit Säuren liefert; daneben erzeugt sich eine braune Gallerte Dryindicainin, die in Aether und Alkohol unlöslich ist.

Das Indigblau oder Indigotin $C^{16}H^5NO^2$ ist tiefblau, mit einem Stiche ins Purpurrothe, amorph und krystallisirt in 6seitigen Säulen, ohne Geschmack und Geruch, neutral und unlöslich.

Indigweiß $C^{16}H^6NO^2$, welches nach Pelletier in den zur Indigobereitung angewandten Pflanzen fertig gebildet vorkommt, wird künstlich aus dem Indigblau durch Reductionsmittel dargestellt.

Istatin $C^{16}H^5NO^4$ wird aus dem Indigblau, von dem es sich durch ein Plus von 2 Sauerstoff unterscheidet, durch Oxidation mittelst Salpetersäure, Chromsäure zc. erhalten; es bildet röthliche, rhombisch-prismatische Krystalle.

§ 24.

4. Die Flechtenfarbstoffe.

Von den Flechtenfarbstoffen sind hier zu erwähnen:

a. Orseille.

Dasselbe wird aus mehreren Flechtenarten, besonders Lichen roccella, L. tartaricus zc. durch Einwirkung von Ammoniak, Licht und Feuchtigkeit bereitet; es wird in Form eines violetten oder rothen Teiges in den Handel gebracht. Nach Strecker sind die entfernteren Chromogene dieser Flechtenfarbstoffe eine Reihe von Säuren, welche sämmtlich beim Kochen mit Wasser, Alkohol und Barytwasser in eine Säure von der Formel $C^{16}H^8O^8$ und in entweder neutrale oder eine Säure bildende Körper zerfallen. Die Säure $C^{16}H^8O^8$ zerfällt dann weiter durch die genannte Einwirkung in Orcin ($C^{14}H^8O^4 + 2HO$) und Kohlensäure; das Orcin wird durch Einwirkung der Luft, des Wassers und Ammoniak in Orcein, einen stickstoffhaltigen, rothen Farbstoff verwandelt.

b. L a c k m u s .

Dieser Farbstoff, welcher für die Erkennung der freien Säure und Basis in der Chemie eine so wichtige Rolle spielt, wird aus *Lecanora tartarea*, sowie aus mehreren anderen Flechten in der Art dargestellt, daß die gemahlene Flechten mit ammoniakhaltigen Flüssigkeiten der Berwefung unterworfen werden; gegen das Ende der letzteren fügt man noch Alaun, Kalk und Pottasche zu und mischt nach Beendigung derselben gewöhnlich dem Teige Kreide und Sand zu, formt ihn in Würfeln und läßt ihn trocknen. Das Specielle der Darstellung ist Geheimniß. Der eigentliche Farbstoff ist roth und wird durch die Anwesenheit eines Alkalis und Kalkerde blau gefärbt. Aus dem Lackmus wird durch Extrahiren mit Wasser die blaue Lackmuskintur gewonnen, welche zur Darstellung des blauen Lackmuspapiers dient, das zur Erkennung der freien Säure benutzt wird, und nachdem das freie Alkali durch Neutralisation mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure entfernt ist, zu der des rothen, das seine Anwendung als Erkennungsmittel der freien Basis gefunden hat. Nach Kane sind im Lackmus 4 Pigmente enthalten.

5. Die Farbstoffe des Krapp.

Der Krapp ist die Wurzel der Färberröthe, besonders von *Rubia tinctorum* und *mungista*; derselbe wird in der Levante, in Frankreich, Belgien, Holland, Rheinbaiern und auch im nördlichen Deutschland cultivirt. Die mehrjährigen Wurzeln der genannten Pflanzen sind der eigentliche Krapp. Nach Rochleder enthält die getrocknete orientalische Krappwurzel außer Pflanzenfaser und Asche, Ruberythrin säure, Rubichlor säure, Citronensäure, die Spaltungs-Producte der beiden ersten Säuren: Alizarin, Purpurin und Zucker; alle diese Stoffe sind stickstofffrei.

Von weiteren Pflanzenfarbstoffen endlich sind bemerkenswerth:

Das Luteolin $C^{40}H^{14}O^{16}$, der gelbe Farbstoff des Bau, *Reseda luteola*, ist in Alkohol, Aether, leicht in Wasser löslich, giebt mit Alkalien schön goldgelbe Lösungen, die an der Luft grünlich werden. — Aehnliche gelbe Farbstoffe sind in *Serratula tinctoria*, *Genista tinctoria* und *Datisca cannabina* enthalten.

Das Quercitrin, $C^{36}H^{18}O^{20},HO$, in der Rinde von *Quercus tinctoria*, sowie in einigen anderen Pflanzen enthalten,

(siehe ferner noch p. 41); es stellt chromgelbe, geruchlose, bitter-schmeckende Krystalle dar, die in Alkohol leicht, in kaltem Wasser und Aether schwer löslich sind; die Lösung färbt sich mit Eisensalzen dunkelgrün.

Orian, ein gelber Farbstoff, welcher aus dem die Samen des südamerikanischen Baumes, *Bixa orellana*, umgebenden Fruchtfleisch dargestellt wird.

Curcumin wird aus der Wurzel von *Curcuma longa* gewonnen, ist braungelb, löst sich in Säuren mit rother und in Alkalien mit rothbrauner Farbe; dasselbe ist interessant durch sein Verhalten gegen die Alkalien und Borsäure, durch welche ein mit diesem Farbstoff gefärbtes Papier braun wird.

Nur dem Namen nach seien noch die Chromogene des Blau- oder Campecheholzes, das Hamatorhlin $C^{10}H^{18}O^{16},7HO$, und das Moridin, der gelbe Farbstoff in den Wurzeln von *Morinda citrifolia* erwähnt, ohne daß damit die Reihe der bis jetzt bekannten Farbstoffe schon geschlossen wäre.

Erste Abtheilung.

Kapitel I.

Der Kohlenstoff.

§ 1.

Die Pflanze muß den Kohlenstoff aus ihrer unmittelbaren Umgebung entnehmen; diese bildet der Boden und die atmosphärische Luft; somit muß der Kohlenstoff der Pflanzen entweder aus dem Boden oder aus der Atmosphäre, oder aus beiden stammen.

A. Der Boden als Kohlenstoffquelle der Pflanzen.

Bei der Untersuchung, ob die Pflanzen den Kohlenstoff vom Boden empfangen, nehmen wir zunächst nur auf die festen Bestandtheile des letzteren Rücksicht. Da von diesen nur der Humus und die kohlenfauren Salze Kohlenstoff enthalten, so kann sich die Untersuchung nur auf die Beantwortung der Frage erstrecken, ob der Kohlenstoff vom Humus stamme, oder ob auch die kohlenfauren Salze als Quelle für den Kohlenstoffbedarf der Pflanzen zu betrachten sind. Von den kohlenfauren Salzen können wir jedoch einerseits schon wegen der geringen Menge, in welcher sie im Allgemeinen im Boden vorkommen, absehen, sowie anderseits deshalb, weil es dann ja die Kohlenensäure sein würde, welche den Kohlenstoff lieferte, und wir dieselbe in dieser Beziehung später zu studiren haben.

Es bleibt somit von den festen Bestandtheilen des Bodens nur der Humus als Kohlenstoffquelle übrig. Die Untersuchung dieser Frage erfordert zunächst ein tieferes Eingehen auf die Eigenschaften, Entstehung u. s. w. des Humus.

§ 2.

a. Geschichtliche Entwicklung der Humustheorie.

Geschichtlich sei zuerst bemerkt, daß der Name Humus von Einhof und Thaer eingeführt worden ist, und daß letzterer den Humus für gleichbedeutend mit Pflanzennahrung hielt. Er sagt z. B. Bd. II, p. 127 seiner Grundsätze der rationellen Landwirthschaft von ihm: „Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt eigentlich von dem Humus ab, denn außer dem Wasser ist er es allein, was der Pflanze im Boden Nahrung giebt;“ er nennt ihn ferner „die Nahrung des Organismus“, „die Bedingung des Lebens“. Die Lehre vom Humus trat in ein neues Stadium, als zu den Untersuchungen von Saussure, welche Thaer schon kannte, noch die von Bracconnot und vor allem die von Sprengel kamen; letzteren führten seine Untersuchungen zu der Ansicht, daß die Humuskörper nur den Uebergang der Nahrungsmittel in die Pflanzen vermitteln. Den gewaltigsten Stoß erhielt aber die Lehre vom Humus durch v. Liebig, welcher denselben als bedeutungslos oder wenigstens als höchst untergeordnet für den Ernährungsproceß der Pflanzen hinstellte.

§ 3.

b. Ursprung und Eigenschaften des Humus.

Der Humus, das Product der Fäulniß und Verwesung organischer Körper, vor Allem der Vegetabilien, besteht aus einer Anzahl von Körpern, welche die Chemie in solche mit sauren Eigenschaften (Säuren) und in indifferente getheilt hat. Die Zahl dieser Körper ist noch nicht sicher festgestellt, während z. B. Mulder 7 auführt, will Detmer nur 5 resp. 4 gelten lassen. Bei der Schwierigkeit der Reindarstellung dieser Körper und der nahen Verwandtschaft derselben unter einander bietet die Frage über die Zahl, sowie über die Constitution und die Eigenschaften derselben große Schwierigkeiten dar. Alle Humuskörper bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und enthalten, wie sie in der Natur vorkommen, stets noch Stickstoff, welcher ihnen weder durch Kochen mit Alkalien, noch Digeriren mit Säuren vollständig entzogen werden kann. Die Farbe derselben ist eine braungelbe bis schwarzbraune, ja schwarze, mit Ausnahme der weißen Quellsäure; sie sind ferner in reinem Zustande unkrystallisirbar, geruchlos, meistens auch geschmacklos und nicht flüchtig.

Die Humussäuren kommen im Boden meistens an Basen, wie Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, den Oxyden des Eisens u. s. w. gebunden vor. Die humusfauren Salze sind ebenfalls braungelb bis schwarz gefärbt, die dunkle Farbe ist die vorherrschende; ihr Färbungsvermögen ist ein außerordentlich in-

tenfives. Die Humuskörper und ihre Verbindungen bedingen vor Allem die schwarze Farbe der Ackererde.

Die Humuskörper sind vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Außer Saussure, Braconnot und Sprengel, welche wir bereits genannt, haben sich Boullay, Malaguti, Berzelius und vor Allem Mulder, dann Thenard, Soubeiran, Hermann, Stein, Detmer und Andere mit dem Studium derselben mehr oder weniger eingehend und dauernd beschäftigt.

Mulder verdanken wir sehr specielle Arbeiten über diese so wichtigen Bestandtheile der Ackererde. Mulder ging, wie vor ihm schon Boullay und Malaguti, zunächst nicht von den in der Natur vorkommenden, sondern von künstlich dargestellten Humuskörpern aus, indem er die aus Zucker durch Kochung mit Säure erhaltenen Humussubstanzen studirte. Rohrzucker verwandelt sich beim Kochen mit Säure zuerst in Frucht- und Traubenzucker, letzterer in Wasser und Glucinsäure, fortgesetztes Kochen bedingt dann eine weitere Zersetzung in Uminsubstanzen, Ameisensäure und Wasser. Tritt bei der Bildung der Uminsubstanzen atmosphärische Luft hinzu, so gehen die Uminkörper unter Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Wasserstoff in Humin und Huminsäure über. Während die Uminkörper braun gefärbt sind, zeigen die Huminkörper eine schwarzbraune Farbe. Mulder sagt nun, daß bei der Zersetzung von Cellulose und einer Reihe anderer organischer Substanzen sich zuerst die braunen Humuskörper bilden und aus den braunen weiter die schwarzen Stoffe hervorgehen. Die Entstehung der braunen Stoffe findet unter Aufnahme von Sauerstoff und Entwicklung von Kohlenäure, sowie Verlust der Elemente des Wassers statt, so daß die neu gebildeten Substanzen reicher an Kohlenstoff und ärmer an Wasserstoff und Sauerstoff werden.

Die Uminstoffe, wie die Huminstoffe, zerfallen durch die Einwirkung von Alkalien in einen unlöslichen und indifferenten und in einen löslichen und sauren Theil, von denen jeder für sich die ursprüngliche Farbe behält; es entstehen so aus den Uminstoffen, Umin und Uminsäure und aus den Huminstoffen, Humin und Huminsäure. Nach Mulder bilden sich die Uminstoffe vorzugsweise in trockener Umgebung und unter Zutritt von Luft, die Huminstoffe dagegen hauptsächlich unter Wasser und bei Luftabschluß.

Aus den bisher genannten Humuskörpern entstehen weiter, wenn sie im feuchten Zustande mit einer in chemischer Thätigkeit begriffenen Substanz in Berührung kommen, die von Berzelius im Quellwasser entdeckten und daher Quellsäure (Apocrensäure) und Quellsäure (Crensäure) genannten Humuskörper, welche in Wasser löslich sind; erstere Säure ist von brauner Farbe, letztere weiß gefärbt. Die Quellsäure färbt sich an der Luft braun und wird so in die Quellsäure übergeführt, aus welcher durch desoxydirende Einflüsse wieder die Quellsäure erzeugt werden kann.

Durch weitere Aufnahme von Sauerstoff entstehen schließlich die Endproducte der Zersetzung der Humuskörper, Kohlenäure und Wasser. Welche Phasen hierbei noch durchlaufen werden müssen, wissen wir bis jetzt noch nicht.

Im Sumpf und Moor findet sich neben den bisher genannten Humusäuren Geinsäure (Torf- und Ackeräure); dieselbe entsteht vor

Allem aus gerbsäurereichen Pflanzen und unter dem Einflusse der Luft aus huminsaurem Ammoniak. Die Geinsäure ist noch, wenn auch etwas schwer, löslich im Wasser; gegen Basen verhält sie sich, wie die Huminsäure, ihre Verbindungen mit den Alkalien gehen unter Zutritt der Luft in quellsaftsaure und quellsaure Salze über.

Nach Mulder haben die genannten Humusstoffe die folgende Zusammensetzung:

Ulmin	$C_{40}H_{16}O_{14}$
Ulminsäure	$C_{40}H_{14}O_{12}$
Humin	$C_{40}H_{15}O_{15}$
Huminsäure	$C_{40}H_{12}O_{12}$
Geinsäure	$C_{40}H_{12}O_{14}$
Quellsaftsäure	$C_{48}H_{12}O_{24}$
Quellsäure	$C_{24}H_{12}O_{16}$

Die in der Natur vorkommenden Humuskörper stimmen in der Zusammensetzung mit den künstlich dargestellten nicht ganz überein, da jene stets noch Stickstoff- und zwar vor Allem in Form von Ammoniak enthalten, welcher denselben weder durch Kochen mit Alkalien, noch durch Digeriren mit Säuren vollständig entzogen werden kann.

Nach Mulder kann die Menge des in Huminsubstanzen enthaltenen Stickstoffs bis zu 1,8% steigen. Song bloed hat auf Mulder's Veranlassung nach der Methode von Kraut, den Stickstoffgehalt einer aus Gartenerde dargestellten bei 120° getrockneten Humusäure auf 0,81% erniedrigt.

Mulder drückt seine Ansicht über den Humus der Ackererden in Folgendem aus:

1) „Die allgemein im Pflanzenreiche vorkommenden Stoffe färben sich, unter Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure im Boden braun und liefern eine Gruppe von Körpern, welche nach der Formel $C_mH_n + oOn$ zusammengesetzt sind und aus einem in Alkalien löslichen und einem andern darin unlöslichen Theile bestehen.

2) Bleiben sie länger diesen Bedingungen, unter denen sie entstanden sind, ausgesetzt, so gehen sie, unter Veränderung ihrer Farbe, in eine dunkelbraune bis schwarze, in eine andere Gruppe von der Formel C_mH_nOn über. Auch diese können durch Alkalien wieder in einen löslichen und einen unlöslichen Theil getrennt werden.

3) Derin Alkalien lösliche Theil zeigt, je nach seiner Abstammung, eine verschiedene Beschaffenheit. Der wesentliche Charakter ist jedoch derselbe und es liegt kein Grund vor, eine größere Verschiedenheit unter denselben anzunehmen, als zwischen den verschiedenen Zuckerarten. Wie diese, enthalten auch die Humusäuren, eine verschiedene Menge der Elemente des Wassers. Sie können nicht durch Trocknen auf eine und dieselbe Form C_mH_nOn gebracht werden, weshalb man ihre Zusammensetzung durch $C_mH_nOn + oHO$ ausdrückt.

4) In der Ackerkrume sind die Humuskörper zum Theil mit Basen verbunden. Ihre große Neigung, sich mit Ammoniak zu verbinden, und die Hartnäckigkeit, womit sie in dieser Verbindung das Ammoniak zurückhalten, muß als eine sehr wichtige Eigenschaft angesehen werden.“

In neuester Zeit hat sich Detmer im Knop'schen Laboratorium speciell mit dem Studium der Humuskörper beschäftigt. Detmer ging hierbei von der Voraussetzung aus, daß der in den Humuskörpern bei ihrer gewöhnlichen Darstellungsart gefundene Stickstoff nicht zu ihrer Constitution gehöre und daß der gefundene Stickstoff nicht von Ammoniak, sondern von einer stickstoffhaltigen, organischen Substanz herrühre. Er war daher bemüht, diesen stickstoffhaltigen Körper von den Humuskörpern zu trennen.

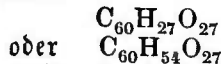
Zu dem Zwecke fällte er die durch kohlen-saures Kali aus Torf u. s. w. ausgezogene Humus-säure mit Salzsäure, wusch dieselbe mit kochendem Wasser vollständig aus, löste sie wieder in Ammoniak, fällte aus dieser Lösung durch Oxalsäure, Phosphorsäure und Schwefelammonium die noch vorhandenen Aschenbestandtheile (Kalkerde, Magnesia und Eisen), entfernte dann diese durch Filtration, fällte im Filtrat mit Salzsäure wieder die Humus-säure, wusch aus, kochte zur Entfernung des Ammoniaks mit Kalilauge, löste in doppelt kohlen-saurem Natron, fällte mit Salzsäure, darauf Aus-waschung, nochmalige Lösung in doppelkohlen-saurem Natron, wieder Fällung u. c.; alsdann wurde der Niederschlag mit Phosphorsäure gekocht, filtrirt, ausgewaschen, nochmals mit Salzsäure ausgekocht, mit Wasser, Alkohol und wieder mit Wasser ausgewaschen und getrocknet.

Die so erhaltene Substanz enthielt noch 0,79% Stickstoff. — Man sieht hieraus, wie innig der Stickstoff resp. die stickstoffhaltige Substanz mit der Humus-säure verbunden ist! — Durch Auflösung eines Theils der, wie oben angegeben, gewonnenen Substanz, in vielem Wasser, 8stündiges Kochen, wobei sich die Flüssigkeit stark färbt, Filtration, Ansäuerung des Filtrats mit Salzsäure, Filtration des hierdurch erhaltenen Niederschlags und Auswaschen desselben, wurde eine Substanz erhalten, welche nur noch 0,179% Stickstoff enthielt.

Die so gewonnene bei 120°C getrocknete Substanz enthielt:

Kohlenstoff	59,57 — 60,03%
Wasserstoff	4,27 — 4,86%

und Detmer gelangte durch Aequivalent-Bestimmung aus dem Silber-salze für dieselbe zur Formel:



Diese Huminsäure stellt getrocknet eine glänzend schwarze Masse mit glänzendem Bruche dar, ist amorph und enthält frisch gefüllt 91,7% Wasser.

Die wasserhaltige Huminsäure braucht

	8333	Theile	Wasser	von	6°
	3571	"	"	"	18°
	1190	"	"	"	50°
und	625	"	"	"	100°

zu ihrer Lösung. Salzsäure, Schwefelsäure, verdünnte Salpetersäure lösen nur Spuren, Alkohol beim Kochen etwas, Aether nichts, Phosphorsäure dagegen mehr als Salpetersäure u. s. w. Die Huminsäure ist eine schwache, doch stärkere Säure als die Kohlen-säure, ihre Alkalisalze sind in Wasser leicht löslich, die Verbindungen derselben mit den alkalischen Erden und schweren Metalloryden sehr schwer löslich. 1 Theil des huminsäuren Ammoniaks löst sich in 2,2 Th., 1 Th. des Kalksalzes in 3125 Th., 1 Th. des Eisensalzes in 5000 Th. Wasser; die beiden letzteren Salze sind Doppel-salze nach der Formel $\text{C}_{60}\text{H}_{46}\text{Ca}_3(\text{NH}_4)_2\text{O}_{27}$ und $\text{C}_{60}\text{H}_{46}\text{Fe}_2(\text{NH}_4)_2\text{O}_{27}$

Zur Darstellung des Humins benutzte Detmer einen braunen und einen schwarzen Torf; beide wurden so lange mit Kalilösung behandelt, bis dieselbe nichts mehr löste und dann mit Salzsäure ausgekocht. Die so gewonnenen Rückstände unterschieden sich in der Farbe in der Art, daß der aus dem braunen Torf erhaltene heller als der aus dem schwarzen Torfe war.

Die Zusammensetzung der aschefreien und bei 120° getrockneten Körper war:

	Humin aus schwarzem Torf	Humin aus braunem Torf
Kohlenstoff	55 ₂₃	52 ₁₄
Wasserstoff	6 ₃₁	7 ₁₀₃
Sauerstoff	37 ₁₄₅	40 ₁₁₉
Stickstoff	1 ₁₀₁	0 ₁₆₄
	100 ₁₀₀	100 ₁₀₀

Detmer ist nun der Ansicht, daß wenn auch die Zusammensetzung der beiden von ihm aus braunem und schwarzem Torf dargestellten indifferenten Humuskörper nicht übereinstimmt, doch zwischen dem Humin aus verschiedenen Materialien Identität herrscht, da das bis jetzt untersuchte natürliche Humin noch nicht rein dargestellt, sondern ein Gemisch von Humin, Holzfaser u. s. w. ist.

Ebenso glaubt Detmer aus seinen Versuchen über den in Alkalien löslichen Theil der Humuskörper schließen zu dürfen, daß Humin- oder Ulminsäure, nicht, wie Mulder meint, durch ihren Gehalt an Wasserstoff, sondern nur durch den an Wasser differirende Körper sind. Es giebt daher nach ihm nur einen in Alkalien löslichen und einen in Alkalien unlöslichen Humuskörper, welche er Huminsäure und Humin nennt.

Die Frage, ob der Stickstoff, den die Humusäure enthält, ein integrierender Bestandtheil desselben sei, ist ferner noch von Simon zu lösen versucht worden. Simon nahm Humusäure, welche weder mit Natrium, noch mit Magnesia Ammoniakreaction erkennen ließ, schloß diese in einen Glaskolben von 200 Ctm. mit Stickstoff und wenig Wasser ein und schmolz dann denselben zu, oder er nahm einen Glaskolben, füllte diesen mit Humusäure und destillirtem Wasser und verschloß ihn mit einem Kautschukpfropfen, welcher zuweilen geöffnet wurde und fand, nachdem dieselben nach 14 Tagen geöffnet wurden, daß eine Gas-Absorbirung stattgefunden hatte, daß der filtrirte, stark braun gefärbte Balloninhalt Ammoniak enthielt, daß also Ammoniak gebildet war.

Das angewandte Wasser war frei von Ammoniak und Kohlenäure. Die benutzte Humusäure ist hier leider auf Stickstoff nicht geprüft worden, obgleich nach den bis jetzt vorliegenden Versuchen wohl sicher anzunehmen ist, daß sie noch Stickstoff enthielt. — Bei einem Gegenversuche mit Humusäure und Wasser, ohne Luft hat eine Ammoniakbildung nicht stattgefunden.

Ob bei diesen Versuchen die Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der Luft oder aus dem in der Humusäure noch vorhandenen in organischer Bindung befindlichen Stickstoff stattgefunden, entscheiden diese Versuche noch nicht.

Simon stellte ferner eine Humus säure aus humus säurem Ammoniak vermittelst Kalkmilch unter Abschluß der atmosphärischen Luft im Kohlen säure strome dar, welche nach seiner Untersuchung stickstofffrei war. Diese Humus säure wurde durch Alkohol in einen löslichen und einen unlöslichen Theil getrennt, jeder Theil in je eine Liebig'sche Kugelröhre gebracht und gereinigtes Stickstoffgas 18 Stunden lang durch dieselben geleitet, dann wurden beide Kugelröhren verschlossen und der Mittagssonne ausgesetzt. Nach 8 Tagen war die filtrirte Flüssigkeit beider Theile stark gefärbt und gab, mit Magnesia destillirt, Ammoniakreaction. (Das Ammoniak in Salzsäure aufgefangen und als Platinsalmiak bestimmt.)

Aus diesen Versuchen schließt Simon:

1) Die Humus säure besitzt die Eigenschaft, den Stickstoff der Luft zu absorbiren und Ammoniak zu bilden.

2) Die Stickstoffaufnahme hat eine Kohlen säurebildung zur Folge.

3) Die Humus säure ist in luft- und besonders in stickstofffreiem Wasser unlöslich, sie bewahrt dann alle Eigenschaften, die sie nach ihrer Bereitung besaß.

Bei der hohen Bedeutung dieser Frage, durch welche eine neue Quelle für die Bildung von Ammoniak aus ungebundenem Stickstoff constatirt werden sollte, wäre es wünschenswerth gewesen, wenn die Versuche nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ ausgeführt worden wären.

Eine äußerst wichtige Eigenschaft ist den Humuskörpern ferner von Grandeau zugeschrieben worden, welche, wenn sie sich durch anderweitige Untersuchungen vollständig bestätigen sollte, für die Ernährung der Pflanzen höchst bedeutungsvoll sein würde. Grandeau ist durch seine Versuche zu der Ansicht gelangt, daß die Fruchtbarkeit der verschiedenen Böden nicht nach ihrem absoluten Gehalte an mineralischen Nährstoffen, sondern nach der Menge derselben zu bemessen sei, welche sich mit Humus substanz in eigenthümlicher organischer Verbindung befindet. — Nach der Gesamtmenge der mineralischen Nährstoffe bestimmen wir bekanntlich auch jetzt nicht die Fruchtbarkeit eines Bodens. — Diese Verbindung nennt Grandeau die organo-mineralische Substanz; dieselbe ist von schwarzer Farbe und besteht aus Humus substanz mit den Phosphaten von Eisen, Kalk, Magnesia, aus Kieselsäure und Kali.

Die organo-mineralische Substanz stellt Grandeau dadurch dar, daß er die betreffende Ackererde zunächst mit verdünnter Salzsäure (auch Oxalsäure) behandelt, um die Verbindungen der Humus säure mit Kalk und Magnesia zu zerstören und dann den Rückstand mit Ammoniak auszieht, welches die oben bezeichnete Substanz in Lösung überführt. (Statt Salzsäure resp. Oxalsäure und Ammoniak anzuwenden, kann auch kohlen saures Ammoniak allein benutzt werden.)

Diese organo-mineralische Substanz wird, wie Grandeau durch Versuche mit dem Dialysator und der lebenden Membran fand, nicht als solche aufgenommen, sondern die Mineralstoffe treten hindurch, während die organischen in der Lösung zurückbleiben.

Wir wollen an dieser Stelle die von Grandeau den Humuskörpern vindicirte Eigenschaft, die Vermittler der Aufnahme der mineralischen Nährstoffe aus dem Boden zu sein, nur genannt haben und werden diese Arbeiten bei dem Kapitel „Boden“ speciell betrachten.

Was die Löslichkeitsverhältnisse der Humuskörper und ihrer Salze anbetrifft, so wurden bis jetzt meistens nur die Humuskörper und diejenigen ihrer Verbindungen untersucht, welche künstlich dargestellt sind. Da aber der Humus, wie er im Boden vorkommt, ein eigenthümliches Gemenge einer Anzahl von Körpern in verschiedenem Grade der Zersetzung ist, so können auch die Zahlen, welche für die künstlich dargestellten Humuskörper gefunden worden sind, nicht mit der ganzen Schärfe auf den Humus der Ackererde angewendet werden. So viel steht fest, daß die Humuskörper schwer löslich sind, aber doch nicht in dem Grade, als v. Liebig sie annimmt, welcher die Zahlen, welche Sprengel bei seinen Untersuchungen des Humus gefunden hat und wonach dieselben außerordentlich schwer löslich sind, dadurch bestätigt finden will, daß ein wässriger Auszug aus einer guten Gartenerde stets ungefärbt sei. Der wässrige Auszug aus einer Ackererde ist aber nicht farblos, sondern stets mehr oder weniger bräunlich gefärbt.

Als Beweis für die Löslichkeit der organischen, zugleich im Vergleich mit der der unorganischen Stoffe des Bodens führe ich folgende Zahlen von mir an:

Aus 1000 Grm. einer Ackererde, mit einem Humusgehalte von 8,01 % extrahirten die ersten 1000 Ccm. Wasser (kalt):

	an organischer Masse:	unorganischer Masse:
	0,100	0,200
die ferneren 500 Ccm.	0,056	0,049
500 —	0,055	0,042
500 —	0,012	0,043
500 —	0,020	0,048
500 —	0,029	0,040
500 —	0,023	0,050
500 —	0,043	0,052
500 —	0,032	0,028
also 5000 Ccm.	0,370	0,552

Nachdem wir uns jetzt mit dem Humus, soweit als es hier nothwendig, bekannt gemacht haben, können wir zur Beantwortung der Frage übergehen:

c. Stammt der Kohlenstoff der Pflanzen vom Humus her?

§ 4.

α. Der Gesamtkohlenstoff.

Bei der Definition des Humus haben wir gesehen, daß derselbe das Zersetzungs-Product organischer Körper, vor Allem der Vegetabilien ist; hierin liegt zugleich die Beantwortung der Frage, denn wenn der Kohlenstoff der Pflanzen den Humus

zur Quelle haben sollte, so müßten wir ein Urhumus annehmen, was ja aber unsinnig wäre; woher sollten sonst die ersten Pflanzen ihren Kohlenstoff erhalten haben?

Betrachten wir ferner unsere Wälder und Wiesen, denen wir alljährlich in Form von Holz und Heu so bedeutende Mengen von Kohlenstoff entziehen, und die trotzdem, obgleich wir sowohl dem Walde als auch meistens der Wiese keinen Kohlenstoff zuführen, von Jahr zu Jahr reicher an Humus werden, so haben wir weiter einen Beweis, daß es der Humus nicht sein kann, welcher den Pflanzen den Kohlenstoff liefert.

Noch andere Beweise bieten die Gewächse — sogar Sträucher und Bäume —, welche wir auf kahlen Felsen und Mauern entstehen sehen.

Aus diesem Angeführten geht schon mit Bestimmtheit hervor, daß der Kohlenstoff der Pflanzen nicht vom Humus stammen kann. Dies, was uns soeben allgemeine Betrachtungen gezeigt haben, ist nun auch durch directe Versuche vollständig bewiesen worden.

Polstorff, Magnus, der Fürst zu Salm-Horstmar und Andere haben Pflanzen in ausgeglühter Erde oder künstlichen Erdgemischen ohne jeglichen Humus wachsen lassen und Pflanzen erzeugt, wie sie in dem besten Culturboden nicht vollkommener sein können.

Polstorff präparirte z. B. ein künstliches Erdgemisch, bestehend aus 6 Theilen Sand, 2 Theilen Kreide, 1 Th. weißen Bolus, 1 Th. Holzkohle etwas geglühtem Feldspath und Marmorpulver, dem noch einige Aschenbestandtheile der Gerste und zwar ein Gemenge aus 6 Theilen Knochenerde, 1 Th. calcinirter Soda, 1 Th. Gyps, 1 Theil Kochsalz, 1 Th. Magnesia und $\frac{1}{2}$ Th. Eisenoxyd, zugesetzt wurde.

Hierin erzog er 12 Gerstenpflanzen, 3 Fuß hoch, mit 7 ährentragenden Halmen, von denen jede Aehre 22 Körner hatte; das Gewicht der Körner aller Aehren betrug 124,2 Grm., das des Stroh's 149,2 Grm. Dieser Ertrag ist ein ganz außergewöhnlicher. Ich habe bei einem Versuche von 150 ausgesuchten Körnern der Chevaliergerste im Garten 165 Aehren mit einem Körnergewichte von 138 Grm. geerntet.

Bei einem Versuche mit ganz sterilem Sande, bei welchem untersucht werden soll, wie derselbe fruchtbar zu machen ist? erntete der Verfasser von 20 □ Meter

an Lupinen 84110 Grm. mit
einer Trockensubstanz von 66061,7 Grm. und

„ organ. Substanz von 62831,9

(Letztere ist, da die Analysen noch nicht ausgeführt sind, nach denen von Beyer berechnet worden.)

Es ergiebt dies pro Hectar:

42055 Kilogr. Gesammternte,
mit 33031 „ Trockensubstanz,
und 31416 „ organ. Substanz.

Der Sand enthält an Humus, berechnet aus dem Kohlenstoff nach den Angaben von Knop 0,007 % (Glühverlust dagegen 0,347 %). Die organo-mineralische Substanz Grandeau's, nach dessen Angaben ermittelt, betrug 0,074 % und bestand vor Allem aus Eisenoxyd und Kieselsäure, Spuren von Kalkerde, Magnesia, Phosphorsäure und Kali und organ. Substanz.

Nachdem so dargethan, daß der Humus allein den Pflanzen den ihnen nothwendigen Kohlenstoff nicht liefern kann, bleibt noch zu untersuchen:

§ 5.

β. Ob nicht ein Theil des Kohlenstoffs der Pflanzen direct vom Humus herrührt?

Die Beantwortung dieser Frage giebt zugleich darüber Auskunft, ob die Pflanze zu ihrer Ernährung auch die organischen Körper bedarf, oder ob sie nur von unorganischen lebt.

Von v. Liebig, Schleiden, Wolff u. A ist auch diese Frage verneint worden. Der Beweis für diese Behauptung liegt in der Ansicht dieser Herren über die Schwerlöslichkeit des Humus, da aber dieselbe, wie oben gezeigt, eine nicht ganz richtige ist, so fehlt somit auch die Stütze für diese Behauptung.

Boussingault spricht sich weder stricte für noch gegen die Annahme aus, daß die Pflanze organische Stoffe aufnehmen kann; er erklärt ersteres für möglich.

Mulder dagegen nimmt an, daß der Humus aufgenommen werde; er stützt sich dabei in seiner Chemie der Ackerkrume, Bd. I., p. 549 — 564 vor Allem auf die Versuche von de Saussure, Soubeiran, Malaguti und seine eigenen, während er in seinem Lehrbuche über physiologische Chemie noch die von Wiegmann und Polstorff und Bayen anführt, von denen aber in seinem neuesten Werke die ersteren als Gegner seiner Ansicht hingestellt werden und der Bayen'sche Versuch, welcher in seinem früheren Werke als besonders für seine Ansicht beweisend genannt war, nicht mit angegeben wird.

Die früheren direct zur Lösung dieser Frage angestellten Versuche sind aber leider durchaus nicht entscheidend. Alle Experimentatoren ließen Pflanzen in Humuslösungen wachsen und schlossen aus der Art des Gedeihens der Pflanzen, aus dem Verschwinden des Humus aus der Lösung, auf die Aufnahme desselben durch die Pflanze.

Wiegmann und Polstorff füllten z. B. einen Glaszylinder mit einer Humuslösung, welche auf 100 Grm. 148 Milligr. Humus enthielt und

brachten in dieselbe zwei 8" hohe Pflanzen von *Mentha undulata* (Münze) und *Polygonum Persicaria* (Rüdterich). Alle drei Tage wurde destillirtes Wasser nachgegossen. Nach Verlauf eines Monats lieferten 100 Grm. der Lösung 132 Milligr. festen Rückstand: es waren also 16 Milligr. aus der Lösung verschwunden. Zur Controle war ein anderer Cylinder mit einer ebenso concentrirten Humuslösung dieselbe Zeit ohne Pflanzen in ähnlicher Weise dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt gewesen; in dieser Lösung waren nach einem Monat noch 136 Milligr. fester Rückstand; hier- nach könnten somit höchstens 4 Milligr. von den verschwundenen 16 Milligr. von der Pflanze direct aufgenommen sein.

Ganz ähnlich sind die Versuche de Saussure's.

Soubeiran stellte seine Versuche auf Anlaß einer Preisaufgabe, gestellt von der Central-Ackerbauschule des Departements der unteren Seine an und zieht aus denselben den Schluß, daß der löslich gewordene Humus von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werde, daß er direct zur Ernährung der Vegetabilien diene. Dieser Schluß aber ist ein sehr vager und durch nichts berechtigt, denn er basirt allein darauf, daß die Lösung von humusfaurem Ammoniak, in welcher sich die Versuchspflanze (*Lapsana communis*) 8 Tage lang befand, heller wurde und die Pflanze in derselben üppig fortlebte. Ein Gegenversuch mit einer Lösung ohne Pflanze fehlt ganz.

Alle so angestellten Versuche können aber zur endgültigen Lösung der Frage nichts, höchstens sehr wenig, beitragen. In der Pflanze selbst ist der aufgenommen sein sollende Humus nicht nachgewiesen worden und somit kann mit demselben Rechte angenommen werden, daß z. B. bei dem Versuche von Wiegmann und Polstorff die 4 Milligr. Humus, welche durch den Versuch als aufgenommen bezeichnet sind, ebenso gut in Form von Kohlensäure nach vorhergegangener Zersetzung assimilirt sind. Andererseits können aber auch mehr als 4 Milligr. aufgenommen worden sein: der Versuch giebt ja nur an, daß, nachdem die Pflanzen 4 Wochen in der Lösung waren im Vergleich zu der Lösung ohne Pflanzen erstere 4 Milligr. feste Substanz weniger als letztere enthielt. Ob aber durch die Pflanzen selbst durch Abstoßung der Wurzelspitzen u. s. w. feste Substanz in die Lösung gekommen sei, erfahren wir nicht.

Ebenso sind aber auch die weiteren Beweise, welche Mulder giebt, ohne Beweiskraft, nämlich das Wachsen von *Mycoderma vini* in Essigsäure, ferner das Entstehen von Schimmelpflanzen aus Stärkemehl und einer Lösung von Milchzucker, ferner in Lösungen von essigsaurem Kali, Weinsäure u. s. w., denn ähnliche Bildungen beobachteten wir auch, wie Mulder selbst anführt, in Lösungen von Chlorcalcium, schwefelsaurem Natron, Kalialaun, phosphorsaurem Natron u. s. w. Wie Mulder die Bildung von Schimmel in letzteren Lösungen als von den in denselben enthaltenen organischen Stoffen bedingt erklären kann, ist mir unverständlich.

Am besten beweisend ist meiner Ansicht nach der Versuch von *Payen*, welcher Pflanzen in einer Lösung von Gerbsäure wachsen ließ und diese dann selbst in den Pflanzen nachwies. Schlagend ist aber auch dieser Versuch nicht, da die Pflanzen bei der Aufnahme kein Wahlvermögen haben und so aufnehmen müssen, was ihnen in Lösung geboten wird.

Von neueren Arbeiten über diese Frage nenne ich hier die von *Detmer* und *Simon*. *Detmer* prüfte zunächst, ob die Humusäure oder das huminsäure Ammoniak diffusionsfähig sei und fand, daß dem nicht so ist. Er operirte dann mit Kartoffeln, welche 24 Stunden in Lösung von Huminsäure und huminsäurem Ammoniak, mit *Converra tenerima* und mit Haferpflanzen. (Letztere waren nach dem Keimen 6 Wochen in einer gewöhnlichen Nährstofflösung gewesen und dann 24 Stunden in einer Lösung von Huminsäure gebracht worden.)

Bei allen diesen Versuchen war in den Pflanzen Huminsäure nicht nachzuweisen, also dieselbe somit nicht aufgenommen worden. Die weiteren Versuche *Detmer's* mit Quellsäure zeigten, daß diese sowohl diffundirbar, als auch von Erbsenkeimpflanzen, welche in deren Lösungen gebracht waren, als solche aufgenommen wurde: er vermochte dieselbe in den Pflanzen nachzuweisen.

Simon, welcher mit *Grandeau* die Existenz der organo-mineralischen Substanz annimmt, stellte Doppelverbindungen von Humusäure und Phosphorsäure dar, und fand, daß diese diffundirbar waren.

Ist so einerseits durch *Detmer* die Aufnahme der Quellsäure durch die Pflanzen experimentell dargethan und andererseits von *Simon* die Diffusionsfähigkeit der von ihm dargestellten Verbindungen von Phosphorsäure und Humusäure nachgewiesen, so ist hieraus der Schluß zu ziehen, daß Humuskörper direct von den Pflanzen aufgenommen werden können und damit auch, daß die Pflanze organische Körper als solche aufzunehmen vermag.

Die Frage über die Aufnahmefähigkeit organischer Körper ist vor Allem auch für die Untersuchungen über die Formen, in welcher der Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen werden kann, von Wichtigkeit und ist deshalb auch hier Gegenstand mehrfacher Untersuchungen gewesen. Ich will an dieser Stelle nur Folgendes kurz anführen. *Hampe* konnte bei seinen Versuchen mit Harnsäure und Hippursäure die Aufnahme dieser Körper bestimmt nicht darthun; dagegen bei denen mit Harnstoff die des letzteren, da er in den Pflanzen diesen Körper nachzuweisen vermochte. Auf die Aufnahme von Glycocoll glaubte er schließen zu dürfen, da dieses in der Vegetationsflüssigkeit stets nachweisbar, während dies in Betreff des Ammoniaks, des möglicher Weise sich bildenden Zersetzung=Productes desselben, nur einmal möglich war. *W. Wolf* hat bei seinen Versuchen mit Tyrosin dieses in äußerst geringen Mengen in den Wurzeln nachgewiesen, während dies im Obertheil nicht möglich war, andererseits fand er in der Vegetationsflüssigkeit weder Ammoniak, noch Salpetersäure. *Beyer* hat bei Versuchen mit salpetersäurem Harnstoff (Hafer) den Harnstoff in

dem Obertheil und bei solchen mit Hippursäure, Benzoësäure daselbst nachgewiesen, in den Lösungen war aber auch Ammoniak.

Wagner fand bei seinen Versuchen mit Hippursäure (Mais) weder diese, noch Benzoësäure in den Pflanzen, in der Vegetationsflüssigkeit letztere dagegen stets, so daß er hieraus glaubt schließen zu können, daß die Hippursäure von den Pflanzen unverändert aufgenommen, in den Pflanzen gespalten und Benzoësäure wieder ausgeschieden, während das andere Spaltungs-Product assimilirt wird. Wagner prüfte ferner noch Glycin und Kreatin, in ihren Verhalten als Pflanzennährstoffe und fand ersteres nicht in den Pflanzen, dagegen vermochte er Kreatin, wie Hampe Harnstoff nachzuweisen, während in den Vegetationslösungen, in welchen die Pflanzen mehr oder weniger kräftig vegetirten, Ammoniak bei dem Versuche mit Glycin nur einmal, und bei dem mit Kreatin gar nicht nachweisbar war.

Diese Versuche sprechen somit weiter dafür, daß die Pflanze organische Körper direct aufzunehmen im Stande ist.

Wenn wir weiter noch bedenken, daß, wie oben gezeigt, die wässrigen Auszüge aus Ackererden stets etwas gefärbt sind, also Humuskörper gelöst enthalten, und die Pflanzen, wie wir später näher sehen werden, ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen, so ist nach allem bisher Bekannten die Wahrscheinlichkeit nicht ausgeschlossen, daß die Pflanzen aus den so dargebotenen Nährstofflösungen auch Humuskörper mit aufnehmen.

Ist aber auch durch die bis jetzt vorliegenden Versuche der Nachweis zu führen versucht, daß die Pflanzen Humuskörper aufnehmen können, so ist dadurch die Frage über die Aufnahme derselben doch noch nicht zum vollen Abschluß gebracht worden.

So viel steht jedenfalls fest, daß die Menge der aufgenommenen Humuskörper nur eine unbedeutende, daß also die Rolle derselben als Kohlenstoffquelle der Pflanzen eine in keiner Weise nennenswerthe ist.

Anhang.

§ 6.

Der Humus in seinen Beziehungen zum Pflanzenleben.

Unwillkürlich drängt sich nach der obigen Betrachtung des Humus als directe Nahrungsquelle der Pflanzen die Frage auf, ob denn der Humus, wenn er auch nicht direct zur Ernäh-

rung der Pflanze beiträgt, nicht indirect das Gedeihen derselben fördert?

Obgleich die Beantwortung dieser Frage streng genommen hierher nicht gehört, so halte ich es doch für angemessen, auf dieselbe kurz einzugehen.

Der Humus wirkt indirect ganz außerordentlich günstig auf die Entwicklung der Pflanzen ein und deshalb ist das Bestreben des Landwirthes, seinen Boden humusreicher zu machen, ein durchaus gerechtfertigtes.

Die Wirkungen des Humus auf den Boden und somit zu Gunsten der Pflanzen, sind folgende:

a. Der Humus ist eine Kohlensäure=Quelle des Bodens.

Der Humus besteht, wie wir gesehen haben, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; durch die Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft auf denselben, wird er allmählig oxydirt — verbrannt, — und so in Kohlensäure und Wasser verwandelt. Die Wichtigkeit der Kohlensäure im Boden für das Wachsthum der Pflanzen, sowie die Wirkung derselben auf die Bestandtheile des Bodens, wird später speciell erörtert; hier mag nur angeführt werden, daß beide Beziehungen für das Leben der Pflanzen von ganz außerordentlicher Bedeutung sind.

b. Der Humus ist eine Stickstoffquelle für die Pflanze.

Der Humus entsteht vor Allem durch die Zersetzung der Pflanzen; diese bestehen, abgesehen von den Aschenbestandtheilen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; bei der Verwandlung derselben in Humus bleibt der Stickstoff theilweise in organischer Verbindung bei den ersteren Elementen, theilweise ist er in Ammoniak (Salpetersäure) verwandelt und in dieser Form mit denselben vereinigt. Während nun der Humus unter dem Einflusse des Sauerstoffs der Luft allmählig weiter zersetzt wird, wird auch der Stickstoff (resp. das Ammoniak) als Ammoniak (resp. Salpetersäure) frei und dient so der Pflanze direct und indirect als Nährstoff.

c. Der Humus als einer der Factoren, welche die Absorptions-Fähigkeit des Bodens bedingen.

Diese so wichtige Eigenschaft des Bodens wird später in einem besonderen Kapitel ausführlich besprochen werden, hier sei nur angeführt, daß der Humus eine der Ursachen ist, durch welche die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für die Basen, vor Allem für das Ammoniak, bedingt wird.

d. Verdichtung von Luft im Boden.

Die atmosphärische Luft, vor Allem der Sauerstoff derselben, ist für die mannigfachen Oxydationsprocesse, welche in jedem Culturboden vor sich gehen müssen, unentbehrlich; die Folge dieser Processe ist einerseits Bildung von Gasen (Kohlensäure). Der Boden besitzt nun das Vermögen, sowohl die atmosphärische Luft als auch diese Gase zu verdichten. Von den einzelnen Bestandtheilen des Bodens spielt der Humus hierbei eine sehr wichtige Rolle.

e. Bedeutung des Humus für die physikalischen Eigenschaften des Bodens.

Diese Wirkung des Humus zeigt sich in zweierlei Hinsicht.

α. In dem Einfluß auf die Lockerheit oder Bindigkeit u. s. w. des Bodens. Die für das Wachstum der Pflanzen so außerordentlich wichtigen Eigenschaften des Bodens: der erforderliche Grad der Lockerheit, resp. Bindigkeit, die wasserhaltende und wasserfassende Kraft, sind leider immer noch nicht allgemein genug gewürdigt. Der Humus ist einer von den Factoren, welche auf diese physikalischen Eigenschaften eines Bodens bedeutend influiren; er erhöht die Bindigkeit des zu lockeren Bodens, und vermehrt seine wasserhaltende und wasserfassende Kraft; daher ist der Landwirth mit Recht bemüht, einem losen Sandboden eine Pflanzennarbe und so eine Humusdecke zu verschaffen. Auf den sehr bindigen Thonboden vermag der Humus weniger günstig zu influiren.

β. In dem Verhalten des Humus zur strahlenden Wärme. Eine schwarze Fläche wird bekanntlich von der Sonne viel stärker als eine andere erwärmt, daher auch der durch den Humus geschwärzte Boden mehr, als der humusfreie. Da nun die Wärme für das Pflanzenleben von großer Bedeutung ist, so folgt auch hieraus die Wichtigkeit des Humus für die Vegetation.

B. Die Luft, die Kohlenstoffquelle der Pflanzen.

§ 7.

kehren wir nach dieser kurzen Abschweifung zur Untersuchung der Kohlenstoffquellen der Pflanzen zurück. Die bisherige Betrachtung hat gezeigt, daß die Pflanzen möglicherweise geringe Mengen Humus aufnehmen können, wodurch ihnen somit geringe Mengen Kohlenstoff zugeführt werden. Da aber der Bedarf der Pflanze an Kohlenstoff ein sehr bedeutender ist, so kann sie durch den aufgenommenen Humus immer nur einen äußerst winzigen Bruchtheil ihres Kohlenstoffbedarfs decken und wir sind daher genöthigt, uns nach einer anderen Quelle für den Kohlenstoff der Pflanzen umzusehen.

Da die organischen Bestandtheile des Bodens oder die atmosphärische Luft der Pflanze allein nur den Kohlenstoff liefern können, so bleibt jetzt als fernere Kohlenstoffquelle nur noch letztere übrig.

Bevor wir den Beweis antreten, daß der Kohlenstoff der Pflanzen aus der Luft stammt, ist es nothwendig, daß wir uns vorher mit der Beschaffenheit der atmosphärischen Luft näher bekannt machen.

a. Die atmosphärische Luft.

§ 8.

Bei der atmosphärischen Luft haben wir stetige und zufällige Bestandtheile zu unterscheiden. Zu den stets in derselben vorkommenden Körpern gehören: Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenäure, Wasser, Ozon, Wasserstoffhyperoxyd, salpetrigsaures Ammoniak und salpetersaures Ammoniak.

Betrachten wir diese zunächst etwas genauer:

Stickstoff und Sauerstoff. Sehen wir von den übrigen in ihren Mengenverhältnissen gegen diese sehr zurückstehenden Bestandtheile ab, so besteht die atmosphärische Luft in 100 Raumtheilen aus 20,9 Sauerstoff und 79,1 Stickstoff oder in Gewichts-Procenten ausgedrückt, aus 23 Theilen Sauerstoff und 77 Theilen Stickstoff. Dies Verhältniß zwischen beiden Körpern findet sich, abgesehen von ganz außerordentlich geringen Schwankungen, auf der ganzen Erdoberfläche und in allen bis jetzt untersuchten Höhen.

Anders ist die Luft in der Ackerkrume, sowie die im

Wasser befindliche zusammengesetzt; diese besteht nach *Béligot* aus 32 Theilen Sauerstoff und 68 Theilen Stickstoff; auf die Luft in der Ackerkrume kommen wir später nochmals zurück. Die in den Schneeflocken befindliche Luft fand *Boussingault* nach tüchtigem Auskochen von geschmolzenem Schnee ebenfalls aus 32 Theilen Sauerstoff und 68 Theilen Stickstoff bestehend. Regenwasser, sowie Schneewasser führen also dem Boden eine an Sauerstoff reichere Luft zu.

Die Unveränderlichkeit des Sauerstoff- und Stickstoff-Gehalts der Luft wurde zunächst von *A. v. Humboldt* und *Gay-Lussac* im Jahre 1804 dargethan; nach ihnen ist die Luft von vielen Forschern, wie von *Saussure*, *Davy*, *Dumas*, *Boussingault*, *Éwry*, *Bunsen*, *Regnault* u. A. untersucht worden; alle fanden, daß das Verhältniß zwischen Sauerstoff und Stickstoff an den verschiedensten Orten und in verschiedenen Höhen nach Abzug der anderen Bestandtheile constant, wenigstens nur sehr geringen Schwankungen unterworfen sei.

Kohlensäure. Der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure ist auch keinen bedeutenden Schwankungen ausgesetzt; er variiert auf 10,000 Vol. Luft zwischen 2,719 und 3,119 (10,000 Gewichtstheilen zwischen 4,132 und 4,746); im Durchschnitt kommen auf 10,000 Vol. Luft 2,92 Vol. Kohlensäure (auf 10,000 Gewichtstheile 4,41 Gewichtstheile). Die Schwankungen, welche sich im Gehalte der Luft an Kohlensäure zeigen, hängen von der Localität, der Witterung, der Tageszeit, der Windrichtung u. s. w. ab.

Saussure, von dem eine große Reihe von Untersuchungen über diesen Gegenstand gemacht sind, fand daß auf 10000 Raumtheile Luft in der Stadt Genf 4,68 Raumtheile Kohlensäure, außerhalb derselben 4,37 kamen, ferner bei starkem Winde 3,98, bei schwachem Winde 3,76, bei Tage 3,38 (Maximum 5,4) und bei Nacht 4,32 (Maximum 5,75). — *Hermann* und *A. Schlagintweit*, welche die Luft der Alpen auf ihren Kohlensäuregehalt untersuchten, fanden bei Vinz (2314 pariser Fuß über dem Meerespiegel) 4,2; bei Johannishütte (7581 p. F. über d. M.) 4,8; bei Nackern, einem schneefreien Gipfel mit wenig Vegetation (10362 p. F. über d. M.) 5,8; bei Johannishütte (7581 p. F. über d. M.) 4,7 u. s. w. — Außer von den Genannten ist die Luft auf ihren Gehalt an Kohlensäure noch von vielen andern Forschern, wie von *A. v. Humboldt*, *Dalton*, *Thénard*, *Brunner*, *Mène* u. A. untersucht worden; alle bestätigen die *Saussure'schen* Resultate. *Mène* hat ferner noch gefunden, daß die Kohlensäuremenge der Luft während des Jahres in folgender Weise schwankt: sie ist im December und Januar fast gleich, nimmt im Februar, März, April und Mai zu, von Juni bis August ab, dann im September bis November wieder zu. Am Tage scheinen ferner nach *Mène* ebenfalls kleine Schwankungen stattzufinden, und zwar in der Art, daß gegen Mittag eine kleine Zunahme eintritt. Schließlich fand *Mène*, daß nach einem Regen fast stets mehr Kohlensäure als vorher in der Luft vorhanden ist.

F. L. Thorpe bestimmte den Kohlensäuregehalt der Luft über der irischen See im Mittel von 26 Versuchen in 10000 Vol. zu 3,082 Vol. und

den der über dem atlantischen Meere im Mittel von 31 Versuchen zu 2,953 Volumen.

Die früheren Bestimmungen von *Lévy* sind wesentlich höher ausgefallen; das Mittel aus den Versuchen dieses Forschers berechnet sich für 10000 Vol. Luft zu 4,63, das von *Thorpe* nur zu 3,10.

In der Luft des tropischen Brasiliens (*Para*) fand *Thorpe* (1866) im Mittel von 31 Untersuchungen in 10000 Theile Luft 3,28 Theile Kohlenensäure.

Waren seither die *Saussure'schen* Zahlen maßgebend, so müssen dieselben jetzt doch gegen die von *Franz Schulze* in den Jahren 1868—71 in Klostock erhaltenen zurücktreten. *Schulze*, der mit den verbesserten analytischen Methoden der Jetztzeit arbeitete und als außerordentlich exacter und befähigter Analytiker bekannt ist, führte seine Untersuchungen fast drei Jahre hindurch aus, wobei täglich zwei Beobachtungen gemacht wurden. Die *Schulze'sche* Arbeit über den Kohlenensäuregehalt der Luft ist demnach die größte, welche überhaupt bis jetzt gemacht ist. — Die folgende Tabelle (p. 64) zeigt die von *Schulze* und *Weidner* für die einzelnen Monate erhaltenen Mittelzahlen.

Die *Schulze'schen* Zahlen zeigen einen wesentlich kleinern Kohlenensäuregehalt der Luft, als bis dahin von den meisten Beobachtern gefunden worden ist.

Aus den Zahlen ist für keine Periode des Jahres ein der Jahreszeit entsprechender gesteigerter oder verminderter Kohlenensäuregehalt ersichtlich, sowie überhaupt nach *Schulze* keinerlei Art von Gesetzmäßigkeit darin angedeutet sein möchte.

Eben so wenig hat *Schulze* zwischen dem Kohlenensäuregehalte der Luft und der Vegetation in der Art Beziehungen finden können, daß der Kohlenensäuregehalt am Tage vermindert und in der Nacht vermehrt sei. Es zeigt sich hier, daß im Großen und Ganzen die andern meteorologischen Bedingungen, in Klostock namentlich die nur selten unterbrochene Bewegtheit der Luft, einen weit überwiegenden, denjenigen der Vegetation gänzlich markirenden Einfluß ausüben.

Von *Schulze* ist auch der Gehalt des Meereswasser (Ostsee) an Kohlenensäure geprüft worden und sind in Mittel einer Anzahl von Versuchen im Liter 11,83 Milligr., schwankend von weniger als 11 bis über 13 Milligr., gefunden worden. Dieser hohe Kohlenensäuregehalt ist wahrlich sehr interessant, wenn wir bedenken, daß wir uns für den Ackerbau den Guano, Fischabfälle und andere Producte der Meeresthierwelt nutzbar gemacht haben.

Eine Untersuchung des frischgefallenen Regenwassers ergab für 1 Liter 1,073 Milligr.

Von *Henneberg* sind ferner in den Sommermonaten des Jahres 1872 bei Gelegenheit ausgeführter Respirationsversuche beiläufig eine Anzahl Kohlenensäure-Bestimmungen der atm. Luft ausgeführt worden, welche die *Schulze'schen* Zahlen vollkommen bestätigen. Die Mittelzahl von 17tägigen Untersuchungen berechnet sich auf 3,2 Vol. Kohlenensäure von 0°C bei 760 mm. Barometerstand für 10,000 Vol. Luft.

Das *Ozon*, auch ozonifirter oder activer Sauerstoff genannt, wurde in den vierziger Jahren von *Schönbein* entdeckt und dann von ihm, sowie von *de la Rive*, *Marignac*, *Pless*, *Pierre*, *Zenger*,

	Kohlensäure in 10000 Luft	
	Gewicht	Volumen
1868.		
October	4,6520	3,0600
November	4,4200	2,9040
December	4,1316	2,7191
Mittel	4,4012	2,8943
1869.		
Januar	4,1516	2,7297
Februar	4,4382	2,9214
März	4,7380	3,0487
April	4,7157	3,0973
Mai	4,3350	2,8480
Juni	4,4076	2,8960
Juli	4,2777	2,8087
August .	4,3480	2,8550
September	4,3186	2,8347
October	4,2653	2,7964
November	4,2093	2,7653
December	4,2967	2,8008
Jahres-Mittel	4,3751	2,8668
1870.		
Januar	4,4711	2,9866
Februar	4,2570	2,7621
März	4,3258	2,8413
April	4,3080	2,8247
Mai	4,3390	2,8595
Juni	4,3315	2,8910
Juli	4,4706	2,9368
August .	4,4166	2,8985
September.	4,4560	2,9720
October	4,5408	2,9835
November	4,4286	2,9096
December	4,5619	2,9976
Jahres-Mittel	4,4089	2,9052
1871.		
Januar	4,5076	2,9727
Februar	4,5869	3,0135
März	4,7243	3,0888
April	4,5663	2,9813
Mai	4,7460	3,1191
Juni	4,5322	2,9777
Juli	4,4625	2,9361
Mittel	4,5894	3,0126
Gesamt-Mittel	4,4436	2,9197

Beccquerel, Fremy u. A. in seinen Eigenschaften weiter studirt. Von den Mitteln, durch welche das Ozon erzeugt werden kann, ist als eins der ersten die Electricität zu nennen. Bei einer in Thätigkeit befindlichen Electrificationsmaschine bemerkt man einen eigenthümlichen Geruch, der von Ozon herührt. Da der Blitz der stärkste electriche Funke ist, den wir haben, so wird auch durch ihn stets Ozon erzeugt werden. Die Entdeckung von Cavendish, daß, wenn der electriche Funke durch ein feuchtes Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff, oder Sauerstoff und Ammoniak hindurchschlage, Salpetersäure erzeugt werde, ist durch die Entdeckung Schönbein's auf seine wahre Ursache, nämlich Bildung von Ozon, welches die Eigenschaft, sich mit dem Stickstoff zu Salpetersäure zu verbinden, im hohen Grade besitzt, zurückgeführt.

Außer dieser einen Entstehungsweise des Ozons in der Natur, welche uns hier ja nur interessiren kann, ist von de Luca noch angegeben worden, daß ein Theil des von den Pflanzen ausgeathmeten Sauerstoffs ebenfalls ozonifirt sei. Wenn auch manches dafür zu sprechen scheint, daß durch die Pflanzen Sauerstoff ozonifirt werden könnte, z. B. besitzen nach den Untersuchungen von Schönbein das Terpentinöl, sowie andere ähnliche ätherische Oele, welche von den Pflanzen zu Zeiten ausgeathmet werden, die Eigenschaft, Sauerstoff zu ozonifiren, so steht doch diese Beobachtung bis jetzt vereinzelt, so daß wir mit Sicherheit als Ursache der Ozonerzeugung in der Natur augenblicklich nur die Electricität ansehen können.

Pincus hat ferner gefunden, daß beim Ausströmen von vollständig gereinigtem Wasserstoff aus einer feinen Metallspitze in atmosphärische Luft mit einer möglichst kleinen, etwa linsenförmigen Flamme man deutlich den Geruch nach Ozon wahrnimmt. Dasselbe Phänomen tritt auf beim Verbrennen von Wasserstoff in reinem Sauerstoff.

Gemäß der Entstehungsweise des Ozons mußte angenommen werden, daß dasselbe ein steter Bestandtheil der atmosphärischen Luft sei und doch war der sichere Nachweis nicht so leicht zu geben, da das Erkennungsmittel für Ozon, Bläuung des Jodkalium-Stärkepapiers, zugleich auch Untersalpetersäure, Chlor und Brom anzeigt. Lassen sich auch freies Chlor und Brom, sowie Untersalpetersäure, welche sich bei Gegenwart von Ammoniak in Nitrit und Nitrat umsetzt, als Bestandtheile der Luft, und zwar erstere gar nicht und letztere nicht so leicht annehmen, so wurde doch der Nachweis des Ozons durch genanntes Reagens als nicht sicher bezweifelt. Nachdem es jedoch Schönbein gelungen ist, in dem Thalliumoxydul ein zweites sehr schönes Reagens für Ozon zu erkennen (Thalliumoxydul wird in Oxyd verwandelt, was durch Bräunung des damit getränkten Papieres erkannt wird, auf welches Untersalpetersäure und der gewöhnliche Sauerstoff nicht influiren), so ist der Nachweis des stetigen Vorkommens von Ozon in der Luft als feststehend hinzustellen.

Ein weiterer Beweis für obige Thatsache ist von Andrews gebracht worden, der gefunden hat, daß bei einer Temperatur von 237° C. Ozon rasch zerfällt wird. Luft durch einen besonders construirten Apparat, in welchem sie bis auf 260° C. erhitzt werden konnte, geleitet, bläute das Jodkalium-Stärkepapier, wenn der Apparat nicht erhitzt war, wurde aber die Luft in dem Apparate auf 260° C. gebracht, erfolgte eine Bläuung des Papiers nicht. Auf eine mit salpetersauren Dämpfen und Chlor vermischte Luft hatte die Erwärmung der Luft in ihrem Verhalten zu dem Reagens keinen Einfluß.

Erwähnt mag ferner noch werden, daß nach A. Souzeau die chemische Thätigkeit der Luft im Frühjahr ihr Maximum erreicht, gegen den

Herbst hin allmählig abnimmt und endlich ganz verschwindet, um gegen das Ende des Winters wieder hervorzutreten. Ebenso beobachtete *Bérigny* im Mai den höchsten und im November den niedrigsten Gehalt der Luft an Ozon. *Houzeau* giebt den Ozon-Gehalt der Luft auf dem Lande, 2 Meter über dem Erdboden, im Maximum zu $\frac{1}{450000}$ ihres Gewichtes oder $\frac{1}{700000}$ ihres Volumens an. Die stetige Gegenwart des Ozons in der Luft ist ferner noch von *Huizinga*, von *v. Gorup-Besanez* und Anderen bestätigt.

Wasserstoffhyperoxyd ist nach *Schönbein* ebenfalls ein steter Bestandtheil der atmosphärischen Luft. Es entsteht nach ihm durch viele langsame Drydationen organischer und unorganischer Materien in der atmosphärischen Luft und wird auch wie Ozon, wahrscheinlich durch die electrischen Entladungen gebildet: in jedem Gewitterregen ist es nach *Schönbein* enthalten. Die Gegenwart von Wasserstoffhyperoxyd ist durch die Versuche von *Schmidt*, *Struve* und *v. Gorup-Besanez* bestätigt worden. — Die beiden letzteren Forscher sind der bestimmten Ansicht, daß sich Ozon, Wasserstoffhyperoxyd und salpetrigsaures Ammoniak bei allen Verbrennungsercheinungen bilden müssen. *Gorup-Besanez* sagt: „Nach Allem, was über das Vorkommen dieser drei Körper in der Atmosphäre bekannt ist, stellen sie eine ungebundene Trias dar. In der That scheinen mir alle in der Luft möglichen Bildungsweisen dieser Körper immer wieder auf eine vorgängige Polarisation, auf ein Activwerden des Sauerstoffs, d. h. auf die Bildung von Ozon zurückzuführen.“

Salpetrigsaures Ammoniak und salpetersaures Ammoniak. Der Gehalt der Luft an diesen Körpern wird später bei der Betrachtung der Stickstoffquellen der Pflanzen speciell besprochen; hier sei nur erwähnt, daß sie stets in der Luft gefunden werden.

Wasser. Der Wassergehalt der Luft ist den bedeutendsten Schwankungen unterworfen. Das Wasser kommt in der Luft in Form von Wasserdampf und in verdichteter Form vor. Wolken und Nebel bestehen aus Bläschen, deren Hülle tropfbar flüssiges Wasser und deren Inhalt Luft ist. Die Menge des Wasserdampfes der Luft eines Ortes hängt von der Temperatur, der Beschaffenheit der durch die Winde herbeigeführten Luft und den localen Verdunstungsbedingungen ab.

In Betreff der Temperatur bemerke ich, daß die Luft bei den einzelnen Temperaturgraden eine bestimmte Menge von Wasser aufzunehmen im Stande ist und zwar je höher diese sind, um so mehr. — Der Einfluß, der durch die Winde herbeigeführten Luft hängt von der Wärme und dem Wassergehalte derselben ab; ist sie kälter als die Luft des Ortes, so verringert sich die Fähigkeit derselben, Wasser aufzunehmen und veranlaßt, im Falle diese mit Wasserdampf gesättigt war, eine Abgabe von Wasser — Regen; ist sie andererseits wärmer und nicht mit Wasserdampf gesättigt, so vermehrt sie die wasserfassende Kraft der Luft; ist sie dagegen wärmer und mit Wasserdampf gesättigt, so findet auch jetzt Wasserabgabe statt. Für alle diese Erscheinungen gilt das oben genannte Gesetz, daß die Luft bei einem bestimmten

Temperaturgrade nur eine bestimmte Menge von Wasser fassen kann. Wird dieser Temperaturgrad erniedrigt, so muß Wasser abgegeben werden; wird er erhöht, so kann die Luft noch mehr Wasser aufnehmen u. s. w. Was den Einfluß der localen Verdunstungsbedingungen anbetrifft, so ist leicht erklärlich, daß diese, je günstiger sie sind, unter sonst gleichen Verhältnissen, um so mehr den Wassergehalt der Luft vermehren müssen; wir dürfen hierbei aber nicht außer Acht lassen, daß die Luftströmungen den localen Verdunstungsbedingungen entgegenstehen, und so leicht Ausgleichungen be-
dingen.

Als zufällige Stoffe, welche in der atmosphärischen Luft vorkommen können, sind anzuführen: Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoff, Chlor, Jod und all die unorganischen und organischen Stoffe, welche in der Ackererde und in den Gewässern enthalten sind und durch die Winde in die Atmosphäre gehoben werden.

Als einen stetigen Bestandtheil der Luft ist ferner von Reinsch die Phosphorsäure genannt worden, und da dies, wenn es wirklich der Fall wäre, für die Pflanzenernährung von ganz außerordentlicher Bedeutung sein würde, so müssen wir hier diese Behauptung kurz beleuchten:

Nach Reinsch soll die Phosphorsäure der Luft durch die auf der Erde fortwährend stattfindenden Verbrennungs- und Fäulniß-Processe zugeführt werden. Die jährliche Verbrennung an Steinkohlen, die im Mittel 1% Phosphorsäure enthalten sollen, nimmt Reinsch zu 2600 Mill. Ctr. an, mithin würden durch deren Verbrennung jährlich 26 Mill. Ctr. Phosphorsäure der Luft zugeführt. Wäre diese Annahme von Reinsch richtig, so müßte bei der Verbrennung der Steinkohlen die Phosphorsäure reducirt werden und so in Gasform in die Luft gelangen. — Es steht jedoch fest, daß bei den gewöhnlichen Verbrennungsproceßsen eine Reduction der Phosphorsäure nicht stattfindet, mithin kann, da die Phosphorsäure nicht flüchtig ist, die durch die Verbrennung der Steinkohlen der Luft zugeführte Phosphorsäure nur in Form von Aschentheilen in dieselbe gelangen, also auch stets nur ein kleiner Bruchtheil der überhaupt in den Steinkohlen vorhandenen, welche, wie noch bemerkt werden mag, von Reinsch viel zu hoch angenommen wird.

Bei Fäulnißproceßsen ist ferner die Entwicklung an Phosphorwasserstoffgas bis jetzt von Niemandem nachgewiesen worden.

Die schöne Hoffnung, welche von Reinsch der Landwirthschaft eröffnet worden ist, zerfällt daher leider in Nichts!

§ 9.

b. Menge der atmosphärischen Luft.

Nachdem wir so die Mengenverhältnisse der stetigen Bestandtheile besprochen haben, führe ich noch an, daß die Luftmenge, welche unsere Erde umgiebt, nach den Berechnungen von Schmidt 11,104,950 Billionen Pfund beträgt und aus

	2,551,586	Billionen Pfund	Sauerstoff,
	8,544,932	" "	Stickstoff
und	8,440	" "	Kohlensäure besteht.

Diese Betrachtung der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft hat uns also gezeigt, daß die Sauerstoffmenge derselben, abgesehen von ganz unbedeutenden Schwankungen, eine constante ist. Diese Thatsache muß uns aber ganz außerordentlich wunderbar erscheinen, wenn wir bedenken, daß durch den Athmungs-Proceß der Menschen und Thiere, durch den Verbrennungs-Proceß und durch die Verwesung und Fäulniß jeden Augenblick ungeheure Mengen von Sauerstoff verbraucht werden.

§ 10.

c. Berechnung des Sauerstoffverbrauchs

Wie außerordentlich der Verbrauch an Sauerstoff ist, zeigt folgende Rechnung.

1. Verbrauch durch den Athmungs-Proceß.

α. Bei den Menschen.

Nach den Versuchen von Scharling, Barral und Lassaigne werden von dem Menschen in 24 Stunden 219 Grm., also im Jahre 160 Pfd. Kohlenstoff verbrannt. Nehmen wir die Zahl der Bewohner der Erde nur zu einer Milliarde an, so ergiebt dies einen Verbrauch von Kohlenstoff von 1,600,000,000 Ctr.; zur Verbrennung dieser Kohlenstoffmenge sind 4260 Mill. Ctr. Sauerstoff erforderlich und es werden 5860 Mill. Ctr. Kohlen Säure erzeugt.

β. Verbrauch durch die Thiere.

Der Verbrauch von Sauerstoff durch die Thierwelt läßt sich natürlich nicht in so bestimmten Zahlen angeben, als der durch die Menschen. Bedenkt man aber, daß nach den Betrachtungen von Lassaigne ein Pferd im Durchschnitt täglich 5000 Grm., ein Stier 3500 Grm., ein Widder 715 Grm., eine Ziege 278 Grm., ein Jagdhund 227 Grm. u. s. w. Kohlenstoff verbrennen und daß ferner auf unserer Erde mehr als 84,000 Thiergeschlechter leben, so wird es gewiß nicht zu hoch gegriffen sein, wenn wir den Verbrauch von Sauerstoff durch die Thierwelt zu der doppelten von der von den Menschen verbrauchten, also zu 8520 Mill. Ctrn. annehmen; die hierdurch erzeugte Kohlen Säure beträgt 11,720 Mill. Ctr.

2. Durch den Verbrennungs-Proceß.

α. Für häusliche Zwecke.

Veranschlagt man mit Schleiden den jährlich zwischen dem 50. und 60.° n. Br. bei in größeren Vereinen lebenden Menschen auf den Kopf verbrauchten Brennstoff als wirkliches Quantum für alle Menschen, so ergiebt sich als Mittel eine Klafter hartes Holz pro Kopf. Die Klafter Holz wiegt 3600 Pfd., das Holz enthält nach Chevandier 50,3 % Kohlenstoff, die Klafter also 1810 Pfd. Eine Milliarde Menschen verbrauchen sonach 1 Milliarde Klafter Holz mit 1810 Milliarden Pfd. Kohlenstoff, zu

deren Verbrennung 48,260 Mill. Ctr. Sauerstoff erforderlich sind; die erzeugte Kohlen Säure beträgt 66,360 Mill. Ctr.

β. Verbrennung für technische Zwecke.

Nimmt man als Maßstab hierfür die jährlich gewonnenen Stein- und Braunkohlen an, was wohl ohne Weiteres geschehen kann, wenn auch in Haushaltungen Steinkohlen verbraucht werden, da ja auch in vielen Fabriken Holz und Torf als Brennmaterial verwandt wird, so ergibt sich Folgendes:

Nach den Angaben von Nobak wurden gewonnen:

in Großbritannien	1854	1315971397	Ctr. Steinkohlen,
" Belgien	1853	145431000	" "
" Frankreich	1852	98078518	" "
" Preußen	1854	136250000	" " und
		25000000	Braunkohlen,
" Oesterreich	1853	9000000	" Steinkohlen,
" Sachsen	1853	17783706	" "
" Amerika (nach Schätzung)		200000000	" "
		1947514621	Ctr. Stein- u. Braunkohlen.

Rechnen wir den Kohlenstoffgehalt der Steinkohlen zu 75 % und nehmen in gerader Zahl 1948 Mill. Ctr. an, so ergibt sich eine Kohlenstoffmenge von 1461 Mill. Ctr., welche zu ihrer Verbrennung 3896 Mill. Ctr. Sauerstoff bedürfen und 5357 Mill. Ctr. Kohlen Säure erzeugen.

3. Verbrauch durch den Verwesungs-Proceß.

Nach Versuchen von Corenwinder wird durch den Verwesungs-Proceß, wenn man die Stärke der Erdschicht, auf welche die Luft einwirkt, zu 8 Centimeter (etwas mehr als 3 preuß. Zoll) annimmt, von

Gartenerde	pr. Hectare in 24 St.	500 Hectolit. Kohlen Säure,
thonreichem Boden	" " " "	300 " "
demselben nach der Auflockerung	" " " "	500 " "
Erde eines Rübenfeldes	" " " "	1570 " "

erzeugt. Nehmen wir zu unserer Rechnung nur 100 Hectolit., so macht dies auf eine Quadratruthe im Jahre 20,5 Pfd. Kohlen Säure (100 Hectolit. = 19814 Grm.; 1 Hectare = 705 Quadratruthen, also $\frac{19814 \cdot 365}{705 \cdot 500}$

= 20,5 Pfd.) mit 5,6 Pfd. Kohlenstoff und 14,9 Pfd. Sauerstoff. Die Landoberfläche der Erde beträgt 2,424000 Quadratmeilen; rechnen wir nur 2 Mill., indem der Rest für die Sahara, die Wüste Gobi und die vegetationsleeren Polarländer abgezogen wird, so erhalten wir an durch den Verwesungs-Proceß auf der Erde verbrauchtem Sauerstoff 1,192000 Mill. Ctr. ($4,000000 \cdot 14,9 \cdot 2,000000$).

Der durch die Gährungs- und Fäulniß-Processe verbrauchte Sauerstoff, sowie die hierdurch erzeugte Kohlen Säure, ferner die durch vulkanische Proceffe producirt Kohlen Säure entziehen sich der Rechnung vollständig.

Stellen wir der besseren Uebersicht wegen die gewonnenen Zahlen zusammen, so ist der Sauerstoffverbrauch jährlich, wie folgt:

a. durch den Athmungs-Proceß	12780	Mill. Ctr.
b. durch den Verbrennungs-Proceß	52156	" "
c. durch den Verwesungs-Proceß	1192000	" "
		<hr/>
		1256936 Mill. Ctr.

also über $1\frac{1}{4}$ Bill. Ctr., d. h. der 20300. Theil des überhaupt in der atmosphärischen Luft befindlichen Sauerstoffs.

d. Berechnung der durch diese Proceſſe erzeugten Kohlenſäure.

Die durch den Verbrauch von über $1\frac{1}{4}$ Bill. Ctr. Sauerstoff erzeugte Kohlenſäure beträgt:

a. durch den Athmungs-Proceß	17580	Mill. Ctr.
b. durch den Verbrennungs-Proceß	71717	" "
c. durch den Verwesungs-Proceß	1640000	" "
	<hr/>	
	1729297	Mill. Ctr.,

also jährlich über 1,7 Bill. Ctr., d. i. der 48,8. Theil der in der Atmosphäre vorhandenen Kohlenſäure.

Ich hebe noch hervor, daß diese Rechnung, welche so außerordentlich hohe Zahlen ergiebt, nur auf Minimalſätzen beruht.

Während also nach obiger Rechnung jährlich gegen $1\frac{1}{4}$ Bill. Ctr. Sauerstoff verbraucht und dafür 1,7 Bill. Ctr. Kohlenſäure erzeugt werden, bleibt, wie oben gezeigt, der Gehalt der Luft an Sauerstoff eine unveränderliche Größe und der an Kohlenſäure ſchwankt nur innerhalb kleiner Grenzen.

Wie erklären ſich diese ſcheinbar ſich ſo widersprechenden Thatſachen? Beide finden ihre Beantwortung in dem Lebensproceſſe der Vegetabilien; diese entnehmen den Kohlenstoff, deſſen ſie bedürfen, aus der Kohlenſäure der Atmosphäre und geben einen Theil des Sauerstoffes deſſelben an diese ab.

Wir haben jetzt im Folgenden die näheren Verhältniſſe zu betrachten, unter denen die Aufnahme der Kohlenſäure und die Abgabe von Sauerstoff erfolgt.

§ 11.

e. Geſchichtliche Darlegung der Anſichten über die Kohlenſäure als Kohlenstoffquelle der Pflanzen.

Geſchichtlich ſei vorher noch angeführt, daß Bonnet zuerſt in der Mitte des vorigen Jahrhunderts beobachtete, daß von der Oberfläche der Blätter Gas austrete. Darauf zeigte Prieſtley, einer der Entdecker des Sauerstoffes, im Jahre 1771, daß die durch das Athmen der Menſchen und Thiere u. ſ. w. verdorbene Luft durch die Pflanzen verbessert werde; Prieſtley leitete dies aber nicht von einer Zerlegung der Kohlenſäure durch die Blätter her, er hielt ſie im Gegentheil nach ſeinen Verſuchen für ein dem Pflanzenwachsthum ſchädliches Gas. Der erſte, welcher ausſprach, daß die Kohlenſäure zur Erhaltung der Pflanzen diene, wenn man ſie an die Blätter deſſelben treten laſſe, war Perceval (auch Percival geſchrieben); dieſer that auch ferner dar, daß die Kohlenſäure, den Wurzeln der Pflanzen dargeboten, deren Wachsthum befördere. Ingenhouß beobachtete dann zuerſt im Jahre 1779, daß die Blätter und grünen Theile der Pflanzen die Kohlenſäure am Tage zerlegen und Sauerstoff aushauchen, während von dieſen in der Nacht, ſowie von den Wurzeln und Früchten

auch am Tage Kohlenäure erzeugt werde. Er hielt die Kohlenäure für die Hauptnahrung der Pflanzen und die Blätter für die Hauptnährer der letzteren.

Specielle Versuche über die Beziehungen der Kohlenäure zur Pflanze und der Kohlenstoffquelle der letzteren wurden von *Sennebier* angestellt; dieser gelangte durch seine Versuche zu der Ansicht, daß die Kohlenäure die Kohlenstoffquelle der Pflanze sei, daß sie von den Wurzeln und Blättern aufgenommen und in letzteren durch Vermittelung des Sonnenlichts in der Art zerlegt werde, daß der Kohlenstoff von der Pflanze assimilirt, dagegen der Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben werde. Die von den Pflanzen ausgeathmete Luft besteht aber, wie er schon zeigte, nicht allein aus Sauerstoff, sondern enthält noch Kohlenäure und Stickstoff. Die Versuche *Sennebier's* sind außerordentlich zahlreich und erstrecken sich schon auf sehr specielle Fragen, z. B. beobachtete er, daß die untere Blattfläche mehr Gas abgibt, als die obere, daß der ausgehauchte Sauerstoff nicht vom Wasser, sondern von der Kohlenäure stamme, daß die Blätter im Dunkeln Sauerstoff abgeben u. s. w. Es ist hier leider nicht der Ort, specieil auf diese Arbeiten einzugehen, aber jedenfalls interessant darzuthun, wie weit schon damals die Beobachtungen über diesen Gegenstand vorgerückt waren. Die Arbeiten *Sennebier's* wurden von seinem Schüler, dem berühmten Genfer Gelehrten, *J. de Saussure* fortgesetzt und fast zum Abschluß gebracht, indem die *Saussure'schen* Resultate uns noch jetzt zur Grundlage dienen.

§ 12.

f. Die *Saussure'schen* Versuche.

Die Versuche *Saussure's* haben dargethan, daß die Pflanzen die Kohlenäure zerlegen, sich den Kohlenstoff und einen Theil des Sauerstoffs aneignen und den andern Theil des letzteren an die Atmosphäre zurückgeben.

Um ein Bild von der Art und Weise, wie *Saussure* operirte, zu geben, führe ich hier einen der vielen Versuche desselben an.

Er präparirte ein künstliches Luftgemisch aus atmosphärischer Luft und Kohlenäure, zusammen 287 Kubitzoll, worin $7\frac{1}{2}\%$ Kohlenäure enthalten waren. Diese Luft schloß er in einen Recipienten, welcher durch Quecksilber von der umgebenden Luft abgesperrt war; in denselben brachte er 7 Pflanzen von *Vinca minor* (Sinngrün), welche eine Länge von 8" hatten; die Wurzeln dieser Pflanzen gingen in ein abgesperrtes Gefäß, welches $\frac{3}{4}$ Kubitzoll Wasser enthielt. In diesem Apparat blieben die Pflanzen 6 Tage lang, wobei sie am Tage von Morgens 5—11 Uhr dem directen Sonnenlichte ausgesetzt waren; am 7. Tage wurde der Versuch beendet und die Luft im Recipienten untersucht.

Vor dem Versuche bestand dieselbe aus:

	211,92 Kubitzoll	Stickstoff,
	56,33	" Sauerstoff
und	21,75	" Kohlenäure,
	<hr/>	
	290,00	

nach dem Versuche aus:

	218,95 Kubitzoll	Stickstoff
und	71,65	" Sauerstoff,
	<hr/>	
	290,60	Kubitzoll.

Die Pflanzen hatten somit alle Kohlensäure verarbeitet und zwar den Kohlenstoff derselben vollständig aufgenommen, dagegen aber nur einen Theil des Sauerstoffs. Hätten sie allen Sauerstoff der Kohlensäure an die Atmosphäre abgegeben, so hätten 21,75 Kubitzoll Sauerstoff erzeugt werden müssen; der Sauerstoffgehalt der Luft im Recipienten war aber nur um 14,75 Kubitzoll vermehrt, somit waren 7 Kubitzoll Sauerstoff von den Pflanzen aufgenommen worden.

Bei einem vergleichenden Versuche mit reiner atmosphärischer Luft wurde das Luftgemisch nicht verändert. Sieben Pflanzen von *Vinca minor* lieferten bei der Verkohlung in einem abgeschlossenen Gefäße 0,528 Grm. Kohle, die 7 ebenso entwickelten nach der Zerlegung der Kohlensäure dagegen 0,649 Grm., somit hatten die Pflanzen durch die Zerlegung der Kohlensäure 0,121 Grm. Kohle erhalten.

Ähnliche Resultate erhielt *Saussure* bei allen auf gleiche Weise angestellten Versuchen.

Im Jahre 1817 machte der Mecklenburger Apotheker *Grischow* ähnliche Versuche und bestätigte im Allgemeinen die von *Saussure* erhaltenen Resultate.

Bei den Versuchen von *Saussure* war, wie die angeführten Zahlen zeigen, auch eine Vermehrung des Stickstoffgehaltes der Luft entstanden, welchen *Saussure* als von der Substanz der Pflanzen selbst stammend ansieht. Ob dieser Stickstoff aber wirklich von den Pflanzen aus ihrer Substanz abgegeben werde, oder ob das für Stickstoff gehaltene nicht aus einem oder mehreren anderen Gasen bestehe, war durch die *Saussure'schen* Versuche noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Die Ausathmung von Stickstoff wurde dann ferner in neuerer Zeit von *Cloëz* und *Gratiollet* bestätigt, indem auch sie bei ihren mit Wasserpflanzen angestellten Versuchen neben dem ausgeathmeten Sauerstoff ein Gas fanden, welches sie für Stickstoff hielten.

§ 13.

g. Die Versuche von *Boussingault*.

Ähnliche Resultate erhielt *Boussingault* bei seinen im Jahre 1849 angestellten Versuchen. Um aber diese Frage, welche jedenfalls nicht von geringer Bedeutung ist, zur endgültigen Entscheidung zu bringen, stellte *Boussingault* 1861 von Neuem eine Reihe von Versuchen an. *Cloëz* und *Gratiollet* hatten die Zusammensetzung der Luft, des Wassers und die der Blätter nicht berücksichtigt, was *Boussingault* nun bei seinen neuen Versuchen that. Diese Versuche wurden mit einer Reihe von Pflanzen angestellt und ergaben z. B. Folgendes:

Zeit des Versuchs.	Name der Pflanze.	Ver- schwundene Kohlen- säure Ccm.	Erschie- nener Sauerstoff Ccm.	Erschie- nener Stickstoff Ccm.
16. August	Lorbeerrose	26,5	27,3	0,3
18. und 20. August	Pfirsichbaum	76,4	77,0	0,7
24. " 25. "	Spanischer Flieder	38,6	37,9	0,3
21. " 23. "	Weide	77,2	74,2	1,1
27. " 28. "	Fichte	85,9	88,5	0,9
31. Aug. u. 2. Sept.	Wasserpflanzen	80,8	76,4	0,8
11. September	Weinstock	17,2	15,5	0,2
28. "	Bohne	22,0	21,0	0,2
18. October	Hafer	30,7	29,9	0,3

Mit Stickstoff ist hier dasjenige Gas bezeichnet, welches weder von Kali noch von pyrogallussäurem Alkali absorbiert wurde.

Boussingault untersuchte nun diesen Rückstand weiter, welcher eben bis jetzt von allen Experimentatoren für Stickstoff gehalten worden war. Zu diesem Zwecke verschaffte er sich eine größere Menge dieses Gases und fand, daß dasselbe nicht reiner Stickstoff sei, sondern noch Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoff enthalte.

So erhielt er z. B. bei der Weide im September:

	1. Flasche.	2. Flasche.
Kohlenoxyd	7,7	13,1
Kohlenwasserstoff	0,3	0,2
Stickstoff	92,0	86,7

§ 14.

h. Resultate dieser Versuche.

Aus allen diesen Versuchen folgt somit für die Aufnahme der Kohlenensäure, daß dieselbe in den Blättern in der Art zerlegt wird, daß ihr Kohlenstoff mit Ausnahme sehr geringer Mengen, welche in Form von Kohlenwasserstoff und Kohlenoxydgas (?) abgegeben werden, von der Pflanze assimilirt, und daß der Sauerstoff derselben zum Theil an die Atmosphäre zurückgegeben, und zum Theil ebenfalls zum Aufbau des pflanzlichen Organismus verwandt wird.

Hier müssen aber zugleich noch einige neuere Versuche von Calvert, Cloëz und Boussingault über das Verhalten von reinem Sauerstoff bei der Absorption durch Pyrogallussäure und Kali erwähnt werden, weil sie für die Annahme der Ausscheidung von Kohlenoxydgas durch die Pflanzen von Wichtigkeit sind.

Alle 3 Forscher machten nämlich die Beobachtung, daß beim Zusammenbringen von reinem Sauerstoff mit einer Lösung von Pyrogallussäure in Kali die anfängliche rasche Absorption immer langsamer werde und endlich ganz aufhört, bevor noch alles Gas verschwunden ist. Die Untersuchung des so bleibenden Gasrückstandes ergab, daß derselbe aus Kohlenoxydgas bestehe. Bei Anwendung von atmosphärischer Luft fand dasselbe statt; Kohlenwasserstoffe wurden dagegen in diesem Rückstande nicht gefunden. Es ist also bei der Absorption des Sauerstoffs durch Pyrogallussäure Kohlenoxydgas gebildet worden.

Da nun bei den Untersuchungen Boussingault's, durch welche etwas Kohlenoxydgas als von den Pflanzen exhalirt gefunden, der Sauerstoff durch Pyrogallussäure und Kali bestimmt wurde, so ist bei der Absorption desselben ebenfalls Kohlenoxydgas gebildet worden, und daher nicht zu entscheiden, ob das gefundene Kohlenoxydgas überhaupt auf diese Weise entstanden, oder ob ein Theil desselben durch die Pflanze abgegeben ist.

Alle die bis jetzt angeführten Versuche waren unterm Einfluß des Sonnenlichts gemacht worden und beweisen daher, daß die Blätter und grünen Theile der Pflanzen bei der Einwirkung des Sonnenlichts die Kohlenensäure zu zerlegen im Stande sind. Wir haben nun ferner zu untersuchen, wie sich die Pflanzen während der Nacht gegen die Kohlenensäure verhalten.

§ 15.

i. Verhalten der Pflanzen während der Nacht gegen die Kohlenensäure der Luft.

Schon Ingenhouß, Sennebier, darauf Saussure, Boussingault und Andere fanden, daß in der Nacht nicht nur keine Kohlenensäure zerlegt, sondern von den Blättern sogar Kohlenensäure ausgehaucht werde. Cloëz und Gratiolet beobachteten bei Wasserpflanzen keine Entwicklung von Kohlenensäure.

Saussure, dem wir die ersten speciellen Untersuchungen auch hierüber verdanken, stellte dieselben vorherrschend mit *Cactus opuntia* an, da dieser eine große Vegetationskraft hat und deshalb dergleichen Untersuchungen ertragen kann. Er brachte Blätter und Aeste desselben, welche 5 Kubitzoll einnahmen, nach Sonnenuntergang in einen Recipienten, welcher 48 Kubitzoll atmosphärische, von Kohlenensäure befreite, Luft enthielt; das Gefäß war durch Quecksilber abgeschlossen. Am andern Tage beim Aufgang der Sonne zeigte sich, daß dieselben 4 Kubitzoll Sauerstoff eingeathmet hatten; Stickstoff war nicht absorhirt, ebensowenig Kohlenensäure gebildet. Bei Fortsetzung des Versuchs ergab sich ferner, daß der *Cactus*, nachdem er $1\frac{1}{4}$ Mal sein eigenes Volumen an Sauerstoff absorhirt hatte, was innerhalb 36—40 Stunden erfolgte, nichts mehr aufnahm. War dieser Zeitpunkt eingetreten, so wurde Kohlenensäure gebildet, wozu die Blätter ungefähr die Hälfte Sauerstoff weniger, als sie eingeathmet, verbrauchten.

Die Blätter der meisten Pflanzen dagegen, vor Allem die nicht fleischigen, bilden in derselben Zeit, wo sie Sauerstoff einathmen, Kohlenensäure; sie athmen aber meistens etwas weniger Sauerstoff als der *Cactus* ein.

Zum Beweise, daß diese Einathmung von Sauerstoff ein wesentlicher Lebensact der Pflanze sei, untersuchte *Saussure*:

a. ob der eingeathmete Sauerstoff unter der Luftpumpe wieder abgegeben werde; dies war der Fall nicht;

b. ob eine ziemlich gemäßigte, dunkle Wärme so stark, daß sie das Gewächs nicht zerstört, die eingeathmete Luft wieder entweichen läßt; auch dies war nicht der Fall;

c. ob in Lusträumen, welche keinen Sauerstoff enthalten, Einathmungen erfolgen; es zeigte sich, daß weder Stickstoff noch Wasserstoff oder Kohlenensäure denselben ersetzen können.

Saussure untersuchte ferner noch, ob, wenn Kohlenensäure sich in geringer Menge im Sauerstoffgase befindet, beide Gase in demselben Verhältnisse eingeathmet werden? Zu diesem Zwecke wurden $7\frac{3}{4}$ Kubitzoll *Cactus Nachmittags* in $43\frac{1}{2}$ Kubitzoll Luft, welche durch Quecksilber abgesperrt war, gebracht; diese Luft enthielt in 100 Theilen 74 Th. Stickstoff, 19 Th. Sauerstoff und 7 Th. Kohlenensäure. Nach 12 Stunden Aufenthalt im Finstern war das Volumen auf 81 zurückgekommen, die Blätter hatten also ca. $1\frac{1}{4}$ ihres Volumens eingeathmet: die zurückgebliebene Luft enthielt 13,5 Th. Sauerstoff und 5,5 Th. Kohlenensäure; somit ist also Sauerstoff und Kohlenensäure in fast demselben Verhältnisse, in dem sie in der Luft enthalten waren, eingeathmet worden.

Die *Saussure'schen* Versuche constatiren somit, daß die Pflanzen in der Nacht keine Kohlenensäure zerlegen, sondern Sauerstoff einathmen, was als ein wesentlicher Lebensact der Pflanzen anzusehen ist, und Kohlenensäure aus ihrer Substanz bilden, welche ausgeathmet wird. Ob der sämmtliche eingeathmete Sauerstoff zu Oxydationsprocessen in der Pflanze verwandt wird, wie *Saussure* meint, ist nicht anzunehmen, ein Theil wird sicherlich als solcher wieder abgegeben.

Ueber den Einfluß des Lichtes auf die Zerlegung der Kohlenensäure durch die Blätter verdanken wir *Boussingault* neuere Arbeiten, welche bestimmt darthun, daß bei gänzlicher Abwesenheit des Lichtes eine Zerlegung der Kohlenensäure in den Blättern nicht stattfindet.

Zur Erkenntniß des bei der Zerlegung der Kohlenensäure frei werdenden Sauerstoffs wandte *Boussingault* Phosphor an, welcher sich bekanntlich an der Luft oxydirt und weiße Nebel verbreitet, die im Dunkeln leuchten. Nachdem *Boussingault* zunächst untersucht hatte, ob die Blätter, resp. Nadeln des *Eleanders*, des Lebensbaumes und der *Lärche* durch die Gegenwart des Phosphors nicht gestört werden, präparirte er ein von Sauerstoff freies Gasgemenge, bestehend aus Kohlenensäure und Wasserstoff und brachte in dasselbe die Blätter, resp. Nadeln der obigen Pflanzen neben Phosphor. Hierbei zeigte sich:

1) daß bei gänzlicher Abwesenheit des Lichtes die Kohlenensäure durch die Blätter nicht zerlegt werde;

2) daß dagegen bei sehr schwachem, diffussem Lichte die Blätter die Kohlenensäure fast in demselbem Grade zerlegen, als im Sonnenlichte.

Für die Zerlegung der Kohlen Säure im diffusen Lichte liefern die Aequatorialwälder einen weiteren Beweis, unter welchen, trotzdem ihr Laubdach für die Sonnenstrahlen häufig ganz undurchlässig, eine höchst üppige Vegetation befindlich ist.

3) Die im Sonnenlichte eingeleitete Zerlegung der Kohlen Säure hört sofort auf, wenn die Blätter (Nleander) in absolute Finsterniß versetzt werden.

Was ferner die Abgabe von Kohlen Säure im Dunkeln anbetrifft, so hat Boussingault auch hierüber neue Versuche gemacht, aus welchen hervorgeht, daß in der Dunkelheit von gleichen Blattflächen in gleicher Zeit beträchtlich weniger Kohlen Säure gebildet, als im Lichte zerseht wird.

Bei 18 Versuchen zersehte unter den günstigsten Verhältnissen 1 Quadratmeter Nleanderblatt im Max. 2,22 Liter, im Min. 0,82 Liter, im Mittel 1,52 Liter Kohlen Säure pro Stunde; bei Versuchen im Dunkeln wurden dagegen von 1 Quadratmeter derselben Blätter im Max. 0,085 Lit. und im Min. 0,063 Lit., im Mittel 0,074 Lit. Kohlen Säure gebildet.

Die Aushauchung von Kohlen Säure in der Nacht beruht aber nicht allein auf der Bildung derselben durch Verbindung des eingeathmeten Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff der Pflanzen, sondern ein Theil der ausgeathmeten Kohlen Säure ist von der Pflanze als solche aufgenommen und wird von ihr, da in der Nacht keine Zerlegung stattfinden kann, als solche wieder abgegeben. Die Pflanze steht ja sowohl am Tage als in der Nacht mit den einzelnen Bestandtheilen der sie umgebenden atmosphärischen Luft in Wechselwirkung: es findet fortwährend Aufnahme und Abgabe statt. Oxydationsproceße gehen in der Nacht wie am Tage in der Pflanze vor sich. Der hierdurch herbeigeführte Verbrauch von Sauerstoff wird am Tage nicht bemerkt, weil die Sauerstoffabgabe bedeutend mehr beträgt, als der Sauerstoffverbrauch. Ebenso wird bei Tage und bei Nacht Kohlen Säure aufgenommen; bei Tage unter dem Einflusse des Sonnenlichts zerlegt und der Kohlenstoff assimilirt; in der Nacht dagegen, wo eine Zerlegung nicht möglich ist, wird sie zugleich mit dem aufgenommenen Stickstoff wieder abgeschieden. Diese Ausscheidung von Kohlen Säure ist somit ein rein mechanischer Proceß.

Nach v. Liebig steht die Aushauchung von Kohlen Säure mit der Aufnahme von Sauerstoff in gar keiner Beziehung; er sagt: „die Aushauchung von Kohlen Säure hat mit dem Assimilationsproceße, mit dem Leben der Pflanze ebenso wenig zu thun, als die Einsaugung von Sauerstoff. Beide stehen miteinander nicht in der geringsten Beziehung; der eine ist ein rein mechanischer, der andere ein rein chemischer Proceß.“ Diesem

Aussprüche v. Liebig's kann ich nicht ganz beistimmen; wenn auch die Einathmung von Sauerstoff ebenfalls durch die todte Pflanze, wie v. Liebig anführt, geschieht, so beweist dies doch nicht, daß sowohl in der lebenden als in der todten Pflanze derselbe Proceß vor sich geht, daß die Aufnahme von Sauerstoff mit dem organischen Lebensproceß in der Pflanze nichts gemein haben sollte. Die oben angeführten Versuche von Saussure, sowie die auch von v. Liebig anerkannte Thatsache, daß Oxydationsproceße in der Pflanze vor sich gehen müssen, sprechen dafür daß die Aufnahme von Sauerstoff mit der Abgabe von Kohlenensäure zum Theil im Zusammenhange steht.

Daß durch die Ausscheidung von Kohlenensäure in der Nacht die Aufnahme derselben bei Tage nicht aufgehoben werden kann, daß also wesentlich mehr Kohlenensäure während des Tages aufgenommen und zerlegt, als während der Nacht gebildet und ausgehaucht wird, geht aus dem Obigen zur Genüge hervor, so daß es weiterer Beweise dafür nicht bedarf.

§ 16.

k. Weitere Angaben über die Zerlegung der Kohlenensäure durch die Pflanzen.

a. Das Sonnenlicht u. s. w. betreffend.

Bis jetzt haben wir als eine Bedingung für die Zerlegung der Kohlenensäure durch die Blätter der Pflanze das Sonnenlicht kennen gelernt und haben uns jetzt mit den näheren Verhältnissen dieser Zerlegung bekannt zu machen.

Das Sonnenlicht läßt sich bekanntlich mittelst des Prismas in 7 Strahlen spalten: roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violett, von welchen die stark brechbaren (blau und violett) die chemischen Zerlegungen vor Allem zu bewerkstelligen im Stande sind (Zerlegung des Chlorfilbers), weshalb sie auch die chemischen genannt werden, während die hellleuchtenden Strahlen dies in weit geringerem Grade vermögen. Es fragt sich nun, ob bei der Sauerstoffausscheidung durch die Pflanzen besonders die stärker brechbaren oder die hellleuchtenden Strahlen, oder ob alle gleich thätig sind. Nach Draper bewirken die hellleuchtenden gelben Strahlen die größte Gasausscheidung aus den Pflanzen. Cloëz und Gratiollet fanden bei verschiedenen Wasserpflanzen, daß unter farbigen Gläsern weniger Kohlenensäure zerlegt werde, als unter weißen, auf welchen die gelben, rothen und grünen folgten; am ungünstigsten wirkten die blauen.

J. Sachs beobachtete ferner u. A. bei *Ceratophyllum demersum* im weißen Lichte bei 28° C. in 1. Minute die Entwicklung von 19 Gasbläschen (bei einem andern Versuche 17 Blasen bei 30,8° C.). im blauen Lichte dagegen, welches violett, blau und grün durchließ, in den ersten 5 Min. keine Gasblase (26. Sept.). Am andern Tage nach 11 Uhr im blauen Lichte in den ersten 5 Min. keine Blase, 10 Min. später 1 Blase

in 34 Secunden, 11 Min. später 1 Blase in 36 Sec. und 12 Min. später 1 Blase in 34 Sec. (23,6° C.). Im weißen Lichte andrerseits nach 1 Min. die 1. Blase, 2 Min. später 10 Blasen in 45 Sec., 3 Min. später 10 Blasen in 35 Sec. und 4 Min. später 10 Blasen in 33 Sec. (24° C.).

Es war hier also die Blasenbildung im blauen Lichte ungefähr 10 Mal langsamer, als im weißen; dies Verhältniß wechselt indeß, wie Sachs weiter anführt, bei jeder Beobachtungsreihe.¹⁾

Diese Beobachtungen von Draper und Sachs sind weiter von Gaillet bestätigt worden, darauf trat E. Prillieux 1869 mit neuen Versuchen hervor, aus welchen er folgern zu müssen glaubte, daß bei gleicher Lichtintensität die verschieden gefärbten Strahlen des Spectrums eine gleich starke Zerlegung durch die grünen Pflanzentheile bewirken und daß die Reduction der Kohlen säure durch die Pflanzen nur von der Leuchtkraft der Lichtstrahlen, nicht aber von ihrer Brechbarkeit abhängig sei.

P. Dehérain, der die Prillieux'schen Versuche wiederholte und der das Gas, nicht wie Prillieux, nach Vorgang von Sachs durch Zählung der Gasbläschen ermittelte, sondern das Volumen derselben genau bestimmte, bestätigte durch seine Versuche einfach den frühern Satz, daß bei gleicher Intensität die gelben und rothen die Zerlegung der Kohlen säure in höherem Maße, als die blauen und violetten Strahlen bewirken.

Baranetzky glaubt dagegen die Prillieux'schen Resultate durch seine Versuche bestätigt gefunden zu haben.

Darauf stellte Timirjaseff, gestützt auf seine Versuche, den Satz auf, „daß die Kohlen säure-Zersetzung den Erwärmungskräften der Sonnenstrahlen proportional sei“. Daß diese Behauptung keine ganz richtige sein kann, geht bereits daraus hervor, daß danach die dunkeln ultrarothten Strahlen als die wärmsten für die Zerlegung am meisten leisten müßten; wir wissen aber, daß diese die Kohlen säure nicht zerlegen können.

Lommel gelangte durch theoretische Deductionen, indem er davon ausging, daß nie solche Strahlen auf einen Körper chemisch wirken können, welche von demselben absorbiert werden und daß die Intensität der chemischen Wirkung abhängig sei

1) von dem Grade der Vollkommenheit der Absorption, und

2) von der (durch ihre Wärmewirkung zu messenden) lebendigen Kraft oder mechanischen Intensität der absorbierten Strahlen zu dem Satze: Für die Assimilations = Thätigkeit der Pflanzen sind diejenigen Strahlen die wirksamsten, welche durch das Chlorophyll am stärksten absorbiert werden und zugleich eine hohe mechanische Intensität (Wärmewirkung) besitzen; es sind dies die rothen Strahlen zwischen B. und C. (Fraunhofer'sche Linien). Er unterwirft hierbei die bis dahin vorliegenden Arbeiten einer Kritik und sucht darzuthun, daß dieselben nicht das bewiesen haben, was durch dieselben bewiesen werden sollte. Zugleich zeigte er durch einen Versuch, daß die mittleren rothen Strahlen für sich allein schon das Wachsthum einer Pflanze unterhalten können und daß die äußeren rothen aber hierzu unfähig sind. — Diese Sätze Lommel's bestätigt N. S. C. Müller durch seine neuesten Versuche.

W. Pfeffer, welcher sich seit längerer Zeit mit dieser Frage eingehend experimentell beschäftigt hat und dessen Arbeiten Lommel

¹⁾ Diese von Sachs zuerst angewandte Methode, die Stärke der Kohlen säure-Zerlegung durch Zählen der entwickelten Gasblasen zu bestimmen, gewährt für die Beobachtung viele Vortheile und ist daher von mehreren späteren Experimentatoren acceptirt worden.

ebenfalls nicht für beweiskräftig hielt, tritt in einer neueren Arbeit entschieden für seine Ansicht auf und indem er darauf hinweist, daß sich die bekannten Absorptionsstreifen in Chlorophylllösungen zeigen, welche bei Beleuchtung niemals Kohlenäure zerlegen, ja vielmehr bis zu einem gewissen Grade Sauerstoff aufnehmen, zeigt er durch neue Versuche, daß dieselben den Draper'schen Satz bestätigen und daß die verhältnismäßige Zerlegungsfähigkeit der verschieden brechbaren Strahlen im Allgemeinen der Helligkeit entspricht, mit welcher uns die entsprechenden Bezirke des Spectrums erscheinen.

Ferner war zu untersuchen, ob das Sonnenlicht durch das Licht einer Del- oder Gaslampe zu ersetzen sei. Die betreffenden Versuche haben dargethan, daß das Licht einer Del- oder Gaslampe die Zerlegung der Kohlenäure nicht zu bewirken vermag.

Dagegen ist es zuerst N. Heinrich gelungen, nachzuweisen, daß das Sonnenlicht durch irdisches Licht ersetzt werden kann. Heinrich benutzte das Licht, welches durch das Brennen von Magnesiumdraht erzeugt wird.

Bei *Hottonia* beobachtete er z. B., wenn er 3 Magnesiumdrähte brennen ließ, in 1 Min. 30 große Blasen.

Auch Brillieu y hat mit dem Drummond'schen Kalklicht und mit dem Lichte eines mächtigen magneto-electrischen Apparates die Zerlegung der Kohlenäure bewirkt.

Bei *Elodea canadensis* beobachtete er z. B. bei Anwendung des Drummond'schen Kalklichtes in 4 Min. 5—6 Blasen.

Heinrich bemerkt noch, daß nicht nur die verschiedenen Pflanzenarten größere oder geringere Lichtintensität erfordern, ehe die Sauerstoffausscheidung beginnt, sondern daß sich auch eine und dieselbe Pflanze bezüglich der Lichtempfindlichkeit verschieden verhalten kann.

Nach den Versuchen von H. Wohl vermag auch das Mondlicht, als reflectirtes Sonnenlicht, die Zerlegung der Kohlenäure zu bewerkstelligen. Wohl zeigt, daß der Einfluß des Mondes auf die Pflanzen lediglich ein Lichteinfluß sei und daß das Mondlicht gerade so wie das Sonnenlicht die Kohlenäure während des vegetabilischen Lebens zerlegt. Die Wirkung des Mondlichtes im Verhältniß zu der des Sonnenlichtes sei den beiden Licht-Intensitäten proportional. Wohl hat nachgewiesen, daß während der Nacht Sauerstoff ausgehaucht werde und dadurch, wie er angiebt, das Wachsen während der Nacht und die Production kohlenstoffhaltiger Verbindungen, somit also die Zerlegung der Kohlenäure. Der Nachweis der Aushauchung von Sauerstoff in der Nacht kann aber entschieden nicht allein der Beweis für die Zerlegung während der Nacht sein, wie aus dem p. 74 u. f. Angeführten hervorgeht.

Wohl hat Samen unter ganz denselben Verhältnissen gesäet, die Hälfte desselben den Mondstrahlen ausgesetzt, die andere dagegen vor den-

selben geschützt und hier gefunden, daß die aus den dem Mondlichte exponirten Samen erhaltenen Pflanzen kräftiger wuchsen und 14 Tage bis 3 Wochen früher als die von der Mondlicht-Einwirkung geschützten blühten.

Wohl stützt sich weiter auf die Erfahrungen der Forst- und Landwirthe und der Gärtner. Er führt an, daß der Forstmann kein Nußholz bei zunehmendem Lichte schlagen lasse, weil das Holz dann weit leichter von Würmern zerfressen wird, als das bei abnehmendem Lichte Gefällte. Wohl erklärt dies, wie folgt: Das Mondlicht wirkt ähnlich wie das Sonnenlicht zerlegend auf die Kohlensäure, wodurch Assimilation von Kohlenstoff und Aushauchung von Sauerstoff stattfindet; die Sauerstoff-Entwicklung hat aber eine Wasserausscheidung zur Folge, beschleunigt also die Verdunstung von Wasser und ist somit neben der Wärme, von welcher die Verdunstung auch eine Function ist, und neben der Capillarität eine mächtige Ursache der Anhäufung von Mineralstoffen und des Wassers durch die Pflanzen, also ein Beförderungsmittel der Säftebewegung in den Pflanzen. Aus diesen Gründen sind die Pflanzen bei Vollmond saftreicher als bei Abwesenheit des Mondlichtes.

Der Gärtner säet nie Kohlarten, Salat u. s. w., welche er nicht in der Blüthezeit ernten will, bei zunehmendem Lichte, weil die Erfahrung lehrt, daß sie dann dem sogenannten Schießen unterworfen sind; dagegen werden alle diejenigen Pflanzen, welche in der Blüthezeit gebraucht werden sollen, bei zunehmendem Lichte gesäet, da sie, wie die Praxis darthut, schneller zur vollkommenen Entwicklung kommen.

Wenn diese Thatsachen auch sehr für einen Einfluß des Mondes auf den Lebensproceß der Pflanzen sprechen und ein solcher auch sicherlich nicht geläugnet werden kann, so ist doch gegen das Ganze der gegebenen Erklärungen Manches einzuwenden, was hier zwar noch nicht erörtert werden kann, was sich aber im weiteren Gang der Betrachtung der Ernährung der Pflanzen zeigen wird.

§ 17.

β. Die Wärme.

Für die Zerlegung der Kohlensäure durch die Blätter ist ferner eine gewisse Wärmemenge nothwendig. Nach Cloëz und Gratiolet, welche hierüber Versuche angestellt haben, findet bei Wasserpflanzen bei $+4^{\circ}$ C. keine Entwicklung von Sauerstoff, also keine Zerlegung von Kohlensäure statt. Die Gasentwicklung beginnt erst bei $+15^{\circ}$ C. und steigert sich von da mit zunehmender Wärme, bis sie bei $+30^{\circ}$ C. ihr Maximum erreicht. Läßt man die Wärme abnehmen, so zeigt sich, daß bei abnehmender Temperatur auch der Stoffwechsel in den Pflanzen ein geringerer wird, bis er bei $+10^{\circ}$ C., wo kein Gas mehr entwickelt wird, vollständig aufhört.

Nach R. Heinrich beträgt die niedrigste Temperatur, bei welcher er bei der Wasserpflanze *Hottonia palustris* noch Sauer-

stoffabgabe beobachtete, 2,2° R., bei welcher Temperatur die Gasab-
 scheidung aber noch äußerst schwach ist; eine regelmäßige
 Gasentwicklung erfolgte erst bei 4,5° R.

Heinrich suchte ferner die Temperatur zu bestimmen, bei
 welcher die Sauerstoffabgabe ihr Maximum erreicht und fand
 hier bei *Hottonia* folgendes:

Während 5 Minuten gab ein Blatt bei völlig wolkenfreiem Himmel
 von tief dunkelblauer Farbe an Blasen ab:

bei 8,5—9° R. :	145—160
10° " :	180—190
11° " :	215
12° " :	245—245
14° " :	255—265
17° " :	325—360
18° " :	375
20° " :	390—450
25° " :	547—580
30° " :	420—517
35° " :	225—355
40° " :	111—220
45° " :	0.

Das Maximum der Blasenabscheidung tritt hiernach bei
 25° R. ein, während bei 45° R. keine Blasen mehr abgeschieden
 werden.

Den Wasserpflanzen ähnlich verhalten sich die Landpflanzen;
 auch ihre Gasentwicklung ist der Luftwärme, welche sie umgiebt,
 proportional. Sie beginnt, wenn der Winter uns verläßt und
 die Frühlingswärme Knospen, Blätter und Blüthen hervortreibt,
 erreicht während der Sommerhize ihr Maximum und endigt
 wieder im Herbst, wo das Pflanzenleben aus Mangel an
 Wärme aufhört. Alles dies kann nicht Wunder nehmen, wenn
 wir den Sauerstoff, welchen die Pflanzen auszhauchen, als das
 Educt vielfacher ineinander greifender physiologisch-chemischer
 Prozesse betrachten, deren Sitz die Blätter und jugendlichen
 Theile der Pflanzen sind und die ihrer Natur nach gleich jedem
 andern organischen Stoffwechsel durch Wärme ohne Ausnahme
 gefördert werden, dagegen durch Kälte erlahmen.

Boussingault, welchem wir auch hierüber neuere Ver-
 suche verdanken, hat gefunden, daß die Zerlegung der Kohlen-
 säure auch bei Landpflanzen bei niedriger Temperatur stattfindet.

Die Nadeln des Lärchenbaumes zerlegten die Kohlenensäure bei + 0,5
 bis 2,5° C. und die Wiesengräser bei + 1,5 bis 3,5° C.

§ 18.

γ. Die Bestandtheile der Blätter und diese selbst.

Findet die Zerlegung der Kohlensäure nur in den grün gefärbten Blättern, also in der Chlorophyll führenden Zelle statt, oder können auch anders gefärbte Blätter die Zerlegung bewirken? Diese Frage wurde schon von Sennebier aufgeworfen und dahin beantwortet, daß nur die grünen Blätter diese Eigenschaft besäßen. Saussure fand dagegen, daß auch anders gefärbte Blätter die Kohlensäure zerlegen können, z. B. die rothen oder dunkelpurpurfarbigen der Gartennelle (*Atriplex hortensis*). Neuere Untersuchungen über diesen Gegenstand von Cloëz haben aber die Saussure'sche Behauptung nicht bestätigt, sondern sie dahin erklärt, daß anders gefärbte Blätter die Zerlegung der Kohlensäure nur in soweit bewirken können, also sie noch grüne Materie, wenn auch maskirt, enthalten.

Cloëz brachte 12 Grm. Blätter von *Amar. candid.* in 2 Lit. Kohlensäurehaltiges Wasser und fand, daß sie in 12 Stunden am Lichte 148 Ccm. Gas, welches in 100 Theilen aus 84,35 Sauerstoff, 1,57 Kohlensäure und 14,08 Stickstoff bestand, entwickelten; dagegen gaben 12 Grm. grüne Blätter von *Amar. Aricol.* 245 Ccm. Gas, welches in 100 Theilen, wie folgt, zusammengesetzt war: 85,64 Sauerstoff, 1,24 Kohlensäure und 13,12 Stickstoff.

Gegen diese Behauptung Cloëz's führt Corenwinder an, daß er stets bei vollkommen rothen, purpurrothen oder schwarzrothen Blättern die Zerlegung der Kohlensäure beobachtet habe und daß es erst zu beweisen sei, daß der darin enthaltene grüne Farbstoff allein diese Zerlegung der Kohlensäure bewerkstellige.

Neuere Versuche Corenwinder's bestätigen seine früheren Resultate, daß also normal buntgefärbte Blätter die Fähigkeit, die Kohlensäure zu zerlegen, in hohem Grade besitzen; anders ist es natürlich mit Blättern, welche durch Krankheit u. s. w. ihre grüne Farbe verloren haben.

Die letztere Beobachtung ist von Boussingault durch seine Versuche bestätigt worden.

Andererseits hat Boussingault gefunden:

1) daß junge Blätter das Vermögen, die Kohlensäure zu zerlegen, erhalten, sobald sie die stumpf gelbgrüne Farbe angenommen haben, und

2) daß bei Abschluß des Lichtes gebildete Blätter erst dann das Vermögen, die Kohlensäure zu zerlegen, erreichen, wenn in den Blättern Chlorophyllkörner auftreten.

Saussure hat ferner noch darüber Untersuchungen an= gestellt, ob die Eigenschaft der Zerlegung der Kohlen säure allen Blättern in gleichem Grade zukommt? er fand nun, daß dieselbe bei den einzelnen Arten von Blättern eine verschiedene ist, daß sie nämlich im Verhältniß der Blattoberfläche, nicht aber im Verhältniß des Blattvolumens steht; somit besitzen die dünnen Blätter, sowie die getheilten, diese Eigenschaft im höchsten Grade.

§ 19.

d. Welche Blattseite übt auf die Zerlegung der Kohlen säure den größten Einfluß aus?

Diese interessante Frage ist von Boussingault dahin beantwortet worden, daß die dem Himmel zugekehrte Seite des Blattes, die Oberseite, die Kohlen säure schneller zerlegt als die Unterseite, was bei dickeren Blättern, durch welche das Licht nicht oder nur unvollkommen hindurchtritt, sich in weit höherem Grade, als bei dünneren zeigt.

Die beiden Blattseiten sind in ihrem anatomischen Bau bekanntlich wesentlich verschieden: die Oberseite ist meistens von dunkelgrünerer Farbe und hat eine festere Epidermis, als die Unterseite.

Zur Lösung dieser Frage schützte Boussingault die eine Blattseite dadurch vor dem Einfluß des Lichtes, daß er dieselbe entweder mit schwarzem Papier beklebte, oder 2 Blätter mit den Oberseiten, resp. mit den Unterseiten zusammenklebte. Diese Blätter wurden dann in einem mit atmosphärischer Luft und Kohlen säure gefüllten Apparate entweder dem Sonnenlichte direct oder im Schatten während einiger Stunden (5—9) ausgesetzt.

Die gewonnenen Resultate zeigt die folgende Tabelle:

	Eine Seite bedeckt, od. 2 Blattseiten zusammengeklebt	Art des Lichtes	Zerlegte Kohlen säure			Dicke des Parenchym
			Obere Blattseite Ccm.	Untere Blattseite Ccm.	Beide Seiten Ccm.	
Kirschlorbeer	1 bekl.	Licht	20,5	5,6	28,3	0,50
Neander	1 dto.	Licht	21,3	7,5		} 0,38
dto.	2 zus.	Licht	9,2	6,4		
Himbeere	1 bekl.	Licht	5,1	2,8	5,9	} 0,23
dto.	2 zus.	Licht	7,0	3,6	5,9	
Plantane	2 dto.	Schatten	11,9	9,6		0,16
Pfirsich	1 bekl.	Schatten	6,7		7,0	0,15
Populus alba	2 zus.	Schatten	6,0	1,0	6,5	} 0,09
dto.	1 bekl.	Licht	9,0	9,4		
Kastanie	1 dto.	Licht	3,0	2,1	6,5	0,06

6*

e. Einfluß eines hohen Kohlen säuregehalts der Luft auf die Pflanze.

Die Frage, wie hoch kann der Kohlen säuregehalt der Luft steigen, wenn die Pflanzen in derselben noch gedeihen sollen und übt ein hoher Kohlen säuregehalt der Luft einen Einfluß auf die Pflanzen aus? ist gewiß auch eine interessante und deshalb auch schon seit längerer Zeit zu beantworten versucht worden. Bereits Saussure stellte diese Frage und fand, daß junge Pflanzen noch in einer Luft gedeihen, welche $\frac{1}{8}$, besser $\frac{1}{12}$ Kohlen säure enthält, daß sie aber in reiner, nur aus Kohlen säure bestehender Luft zu Grunde gehen.

Boussingault's Versuche bestätigen jedoch den letzten Theil der Saussure'schen Ergebnisse nicht, da dieselben ergaben, daß Blätter, dem Sonnenlichte exponirt, in reiner Kohlen säure noch eine Zerlegung derselben, wenn auch nur äußerst langsam, bewerkstelligen können.

Blätter in reine Kohlen säure und in Kohlen säure und atmosphärische Luft gebracht, zerlegten unter sonst gleichen Verhältnissen die Kohlen säure im Verhältniß = 1 : 5.

Saussure operirte bei seinen Versuchen mit ganzen Pflanzen, Boussingault dagegen nur mit Blättern; hierin ist wahrscheinlich auch der Grund der differirenden Resultate zu suchen.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß durch das Hineinbringen eines Blattes oder noch mehr eines Zweiges in reine Kohlen säure die Reinheit derselben alterirt wird, da mit der im Blattparenchym condensirten Luft eine Ausgleichung stattfinden muß. Diese im Parenchym befindliche Luft ist nicht, wie man glauben sollte, sauerstoffhaltig, sondern besteht aus Stickstoff und Kohlen säure. Es wird daher die reine Kohlen säure stickstoffhaltig und man muß daher wohl dem Stickstoff die Function zuschreiben, die Zerlegung der Kohlen säure durch die Blätter einzuleiten. Specielle Versuche Boussingault's beweisen, daß in Kohlen säure und Stickstoff oder Kohlen säure oder Wasserstoff die Zerlegung der Kohlen säure im Sonnenlichte rasch vor sich geht und daß bei der Zerlegung der Kohlen säure in einem Gemisch von atmosphärischer Luft und Kohlen säure der Sauerstoff nicht betheilig ist.

bleiben dagegen Blätter im Kohlen säuregase, so verlieren sie nach einer gewissen Zeit ihr Vermögen, die Kohlen säure zu zerlegen, obgleich die Straffheit des Gewebes und die Intensität der grünen Farbe dabei nicht verloren ist. Dieser Zustand ist von Boussingault Asphyxie genannt. Ein Kirschlorbeerblatt z. B. verlor dasselbe nach 72 Stunden; kürzerer Aufenthalt vermindert das Vermögen der Blätter, Kohlen säure zu zerlegen. Ebenso wirken Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenwasserstoff (CH_4) oder ein anderes indifferentes Gas im Dunkeln. Boussingault schreibt dies Erlöschen der Athmungsthätigkeit der allzulangen

Beraubung des Sauerstoffs zu, dessen die Blätter durchaus bedürfen, um durch langsame Verbrennung Kohlenäure zu erzeugen, sie sind dadurch gelähmt, erstarrt, asphyxirt. In einer respirablen Luft tritt ähnliches im Dunkeln nicht auf.

Sodin, welcher dieselbe Frage bearbeitet und Boussingault's Resultate bestätigt gefunden hat, fügt noch hinzu, daß die Zeit, innerhalb welcher die Erstarrung eintritt, von der Art, dem Alter, der Temperatur des Blattes u. s. w. abhängig ist.

Die Fähigkeit, die Kohlenäure zu zerlegen, verlieren nach R. Heinrich die Blätter (Versuchspflanze *Hottonia*) auch durch längeren Aufenthalt (10 Min.) in einer Temperatur über 55° R.

ζ. Der normale Wassergehalt der Blätter. — Die Turgeszenz.

Der normale Wassergehalt der Blätter ist für die Zerlegung der Kohlenäure durch denselben ebenfalls ein wichtiger Factor, wie dies die Versuche von Boussingault darthun. Boussingault hat nämlich gezeigt, daß vollständig ausgetrocknete Blätter die Eigenschaft, die Kohlenäure zu zerlegen, gänzlich verloren haben und ferner, daß diese Eigenschaft von dem Grade der Austrocknung abhängig ist.

So fand z. B. Boussingault:

	Wassergehalt	Zerlegte Kohlenäure
ein normal frisches Blatt	0,600 Grm.	15,9 Ccm.
beginnende Trockenheit	0,365 "	10,5 "
vorgeschrittene "	0,290 "	2,9 "
absolute "	0,900 "	0,0 "

Diese Zahlen zeigen den Einfluß, welchen der normale Wassergehalt für die Kohlenäurezerlegung hat, auf das evidentste. — Sodin gelangte bei seinen Versuchen zu ähnlichen Resultaten.

§ 20.

1. Die Organe der Aufnahme.

Da aus der bisherigen Besprechung des Gegenstandes hervorgehen könnte, als wenn nur die Blätter im Stande wären, Kohlenäure aufzunehmen und zu zerlegen, so muß hier noch hervorgehoben werden, daß die Kohlenäure auch durch die Wurzel aus dem Boden aufgenommen werden kann; die Zerlegung derselben geschieht jedoch nur in den Blättern.

Den so wichtigen Einfluß, welchen die Kohlenäure im Boden auf das Pflanzenwachsthum ausübt, zeigen die Versuche von Etöckhardt und Peters, welche Pflanzen in hohen Glasclindern zogen und während der Vegetation derselben täglich bestimmte Quantitäten von Gasen in den Boden leiteten.

Nr. 1 erhielt kein Gas,
 Nr. 2 täglich 1600 Ccm. atmosphärische Luft,
 Nr. 3 " 1290 " " " und 400 Ccm. Kohlensäure,
 Nr. 4 " 800 " " " " 400 " "
 und 400 Ccm. Sauerstoff.

Die Versuche wurden mit Erbsen und Hafer angestellt und ergaben folgende Resultate:

Geerntete Pflanzenmassen in völlig trockenem Zustande:

Pflanzenmasse.	Nr. 1 Grm.	Nr. 2 Grm.	Nr. 3 Grm.	Nr. 4 Grm.
Hafer	3,90	7,63	8,49	5,11
Erbsen	1,72	2,48	3,26	3,49
Wurzeln beider	0,27	0,38	0,60	0,37
Summa	5,89	10,49	12,35	8,97
Setzt man Nr. 1 = 1, so:	1	1,8	2,1	1,5
Mineralstoffe in der ganzen Erntemasse:	0,52	0,95	1,12	1,02

§ 21.

m. Die Kohlensäure des Bodens und die Quellen derselben.

Die Wurzeln befinden sich im Boden in einer an Kohlensäure viel reicheren Atmosphäre, als die Blätter in der Luft, wie dies durch die interessanten Untersuchungen von Boussingault und L'émy dargethan ist. Die Wichtigkeit dieser Thatsache für das Pflanzenleben werden wir später noch mehrfach hervorzuheben Gelegenheit haben.

Die Resultate der Versuche von Boussingault und L'émy über den Kohlensäuregehalt der Luft in der Ackererde sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt (p. 87).

Zugleich mögen hier noch kurz die Ursachen des Reichthums der Luft des Bodens an Kohlensäure hervorgehoben werden. Diese sind:

a. Der Humus; dieser wird, wie oben gezeigt, durch den Verwesungs-Proceß zerlegt, zu dessen Produkten die Kohlensäure gehört; dies ist eine für das Pflanzenleben sehr wichtige Eigenschaft des Humus.

b. Die Kohlensäure der atmosphärischen Luft; die Luft steht fortwährend mit dem Boden in Wechselwirkung und führt so dem Boden Kohlensäure zu; ferner erhält der Boden durch die atmosphärischen Niederschläge eine nicht unbeträchtliche Menge

Erdaarten.	Kohlensäure in hundert Theilen eingeschlossener Luft.		In 1 Hectare Land eingeschlossene Luft Cm.	Kohlensäure in der auf einem Hectare Land enthaltenen Luft Cm.
	Nach dem Volumen	Nach dem Gewichte		
Frisch gedüngtes Land	2,21	2,33	824	18
Frisch gedüngt	9,74	14,13	824	80
Karottenland	0,98	1,49	813	8
Weinberg	0,96	1,46	988	10
Wald von Görsdorff	0,86	1,30	412	4
Lehm, Untergrund des Waldes	0,82	1,24	247	2
Sand, Untergrund des Waldes	0,24	0,38	309	1
Spargelbeet, früher gedüngt	0,79	1,22	782	6
" " frisch	1,54	2,33	782	12
Sehr humusreiche Erde	3,64	5,43	1472	54
Runkelrübenland	0,87	1,31	824	7
Luzerneland	0,80	1,22	772	6
Topinamburland	0,68	1,01	721	5
Wiese	1,79	2,71	566	10

von Kohlensäure, da diese in Wasser im hohen Grade auflöslich ist — 1 Volumen luftleeres Wasser nimmt bei der gewöhnlichen Temperatur und einfachem Druck 1,06 Volumina Kohlensäure auf. — Indem also der Regen die Kohlensäure der Luft absorbiert, führt er dieselbe dem Boden und so auch den Wurzeln der Pflanze zu.

c. Die Pflanze selbst. Die Pflanzen geben durch die Wurzeln Kohlensäure an den Boden ab; es ist dies ein Proceß, welcher für den Lebensproceß der Pflanze von großer Wichtigkeit ist und auf den wir später noch specieller zurückkommen werden.

§ 22.

n. Genügt die Kohlensäure der Luft dem Kohlenstoffbedarf der Pflanzen?

Es ist dies eine wichtige Frage, welche mit andern Worten sich auch so ausdrücken läßt: braucht der Landwirth bei der Düngung auf eine Zufuhr von Kohlenstoff zum Boden besondere Rücksicht zu nehmen? Die Untersuchungen über die Quellen für die Nährstoffe der Pflanzen soll uns stets als Endzweck zur Erkenntniß über die Nothwendigkeit oder Entbehrlichkeit der Zufuhr des einen oder des andern der Pflanzennährstoffe, so

weit es bis jetzt möglich ist, dienen. Die Nothwendigkeit der Zufuhr eines Nährstoffes zum Boden hängt von der Bedeutung desselben für das Pflanzenleben, welche durch den Verbrauch bestimmt wird, und dem Vorkommen desselben auf der Erde ab.

α. Verbrauch der Pflanzen an Kohlenstoff.

Was zunächst den Verbrauch von Kohlenstoff durch die Pflanzen anbetrifft, so liegen die für eine solche Rechnung nothwendigen Zahlen in reichlicher Menge vor. Die Menge von Kohlenstoff, welche die Pflanzen bedürfen, erhalten wir durch Bestimmung des in den einzelnen Pflanzen oder des in der Gesammterte von einer bestimmten Fläche enthaltenen Kohlenstoffes. Das Kohlenstoffbedürfniß der einzelnen Pflanzenarten ist natürlich ein verschiedenes. Zur Bestimmung des Kohlenstoffbedarfes der Pflanzen benutze ich zunächst die Ernte-Resultate, welche von Boussingault von verschiedenen Pflanzen, die hintereinander auf derselben Fläche gewachsen waren, genau festgestellt sind.

Ein Morgen gut gedüngten Landes lieferte bei einer Fruchtfolge von Kartoffel, Weizen, Klee, Weizen und Stoppelrüben, Hafer folgende Ernten (p. 89):

Aus diesen Angaben ergibt sich die Menge der jährlich auf einem preussischen Morgen erzeugten Kohlenstoffmenge im Durchschnitt zu 1000 Pfund. Berechnen wir hiernach den Verbrauch desselben auf der ganzen Erdoberfläche, wobei wir dieselbe wie oben zu 2 Millionen Quadratmeilen (44,444 Millionen Morgen) annehmen, so erhalten wir 44,444,000 Millionen Pfund, entsprechend 162,961,000 Millionen Pfund Kohlenäure, als die Menge des sich jährlich in Pflanzenmasse verwandelnden Kohlenstoffes. Vergleichen wir hiermit die Menge Kohlenstoff, welche jährlich in Form von Kohlenäure nach der p. 70 geführten Rechnung durch den Athmungs-Proceß der Menschen und Thiere, den Verbrennungs- und Verwesungs-Proceß erzeugt wird und bedenken, daß diese Zahlen auf Zugrundlegung von Minimal-Angaben beruhen, daß, z. B. bei der Berechnung der durch Verwesung entstehenden Kohlenäure eine Zahl benutzt ist, welche dreifach kleiner als die niedrigste Angabe Corenwinder's ist, so geht hieraus hervor, daß die Kohlenäure der Luft vollkommen für den Kohlenstoffbedarf der Pflanzen ausreicht. Die Rechnung auf p. 70 hat circa 172,9 Billionen Pfund Kohlenäure als die Menge ergeben, welche jährlich erzeugt wird.

Jahr	Name der betreffenden Pflanzen.	Ernte pro Morgen. Pfd.	Kohlenstoff derselben. Pfd.
Erstes	Kartoffel Kraut	6351	692,6
		1464	162,2
	Summa	7815	854,8
Zweites	Weizen=	Same	276,0
		Stroh	556,6
		Stoppel	128,0
	Summa	2599	960,6
Drittes	Klee=	Heu	964,2
		Wurzel (lusttrocken)	342,6
		Summa	3628
		1306,8	
Viertes	Weizen=	Same	333,4
		Stroh	688,8
		Stoppel	128,0
		Stoppelrüben	156,8
	Summa	7979	1307,0
Fünftes	Hafer=	Same	275,2
		Stroh	338,0
		Stoppel	166,2
		Summa	2070
		779,4	
Somit in 5 Jahren		24091	5208,6
und durchschnittlich im Jahre		4818	1041,7

Ferner:		Ertrag pro Morgen. Pfd.	Kohlenstoff desselben. Pfd.
Runkelrüben=	Wurzel	13266	792,8
	Blätter	5344	226,8
		18610	1019,6
	Wiesenheu *)	?	1018,0
**)	Holz von Weißbuchen (trocken)	1306	635,2
" "	" " Tannen (")	1991	966,2

*) Nach einer Angabe von v. Liebig.

**) Nach Angaben von Chevandier.

Hierzukommt zunächst noch, daß, bei der obigen Rechnung betreffend den jährlich in Pflanzenmasse übergehenden Kohlenstoff, die sämtlichen Theile der Pflanze zu Grunde gelegt sind; bei der Ernte entnehmen wir aber dem Boden ja nie die ganze Pflanze, sondern nur Theile derselben: bei den Cerealien, Leguminosen und Cruciferen, Samen und Stroh, bei den Wurzelgewächsen, Wurzel und Blätter, bei den Knollengewächsen meistens nur die Knollen u. s. w., wir lassen somit dem Boden einen Theil des von der Pflanze gebundenen Kohlenstoffs.

§ 23.

Obgleich die obige Rechnung genügend gezeigt hat, daß die Kohlensäure der Luft durchaus ausreichend für das Kohlenstoffbedürfniß der Pflanzen ist, so erinnere ich hier doch noch an jene Versuche, bei welchen auf einem an organischen Stoffen freien Boden (wenigstens zu Anfang des Versuches) Pflanzen von der vollkommensten Ausbildung erzeugt wurden, welche in Betreff ihres Kohlenstoffbedarfs also allein auf die Kohlensäure der atmosphärischen Luft angewiesen waren.

Wenn nun auch aus allem diesem mit Bestimmtheit hervorgeht, daß von der Natur selbst auf das reichlichste für das Kohlenstoffbedürfniß der Pflanzen gesorgt worden ist und somit der Schluß, daß der Landwirth in dieser Hinsicht nichts zu thun hat, ein durchaus richtiger ist, so ist hier doch noch Folgendes zu bedenken.

§ 24.

β. Der Humus als Nährstoffquelle der Pflanzen.

Wir wissen, daß die eine Pflanze einen humusreicheren Standort als die andere liebt, wir wissen, daß der Landwirth einen humusreichen Boden einem humusarmen vorzieht und dies mit großem Recht; vor Allem sehen wir den Gärtner großes Gewicht auf den Humusreichthum des Bodens bei den einzelnen Pflanzen legen. Der Gärtner weiß z. B., daß Sellerie, Blumenkohl, Kohlrüben u. s. w. vor Allem in einem humusreichen Boden gedeihen, während dagegen die teltower Rübe, Kartoffel u. s. w. in einem humusarmen Boden weit besser fortkommen. Es sind dies Thatfachen, welche uns die Praxis an die Hand giebt, welche wohl erwogen und in keiner Weise unbeachtet gelassen werden dürfen.

Daß der Humus als solcher den Pflanzen nicht zur Ernährung dient, oder wenigstens, daß seine directe Ernährungsfähigkeit eine sehr geringe ist, haben wir früher gezeigt. Zugleich ist da aber auch auf die so wichtigen, indirect günstigen Wirkungen des Humus aufmerksam gemacht worden, welche derselbe auf den Boden ausübt und so für die Pflanzen besizt. Von diesen Eigenschaften ist diejenige, den Boden mit Kohlensäure zu bereichern, gewiß nicht die unwesentlichste. Die Pflanze nimmt die Kohlensäure, wie wir gesehen haben, durch die Blätter und Wurzeln auf; die eine Pflanze vermag nun wegen ihres Blattbaues durch die Blätter weniger Kohlensäure als die andere aufzunehmen, ist also auch mehr als die andere darauf angewiesen, Kohlensäure durch die Wurzeln zu erhalten. Der Humus ist aber die Hauptquelle für die Kohlensäure des Bodens.

Es geht schon hieraus hervor, daß wir gegen die Bereicherung unseres Bodens an Humus nicht gleichgültig sein dürfen, ganz abgesehen von den übrigen günstigen Wirkungen desselben. Wir haben ferner schon hierin einen Beweis für die Nothwendigkeit einer richtigen Fruchtfolge. Die eine Pflanze läßt dem Boden mehr Ernterückstände als die andere, also mehr humusbildende Stoffe, so z. B. bleiben bei den Wurzelgewächsen, wenn wir Wurzel und Blätter dem Boden entziehen, nur äußerst geringe Rückstände; wir werden daher durch den fortgesetzten Anbau von Wurzelgewächsen ohne Zufuhr von humusbildenden Stoffen einen Boden allmählig an Humus ärmer machen.

Dies allein schon spricht für die Nothwendigkeit der Anwendung des Stallungs und zeigt, daß derselbe durchaus nicht durch die in ihm enthaltenen Mineralstoffe und den Stickstoff ersetzt werden kann. Bringen wir aber den Stallung in richtiger Weise und in der gehörigen Menge zum Boden und haben wir eine gute Fruchtfolge, so wird unser Boden nie ärmer, sondern stets reicher an Humus werden; denn der Boden erhält so bei Weitem den größten Theil der in ihm erzeugten Pflanzenmasse zurück.

§ 25.

Kurze Wiederholung.

1. Der Humus, das Ferkungs-Product der organischen Körper, vor allem der Vegetabilien, kann die Pflanzen nicht mit dem ihnen nothwendigen Kohlenstoff versehen.

2. Es ist bis jetzt noch nicht entschieden, ob die Pflanzen geringe Mengen Humus aufzunehmen im Stande sind; man kann dies jedoch als wahrscheinlich hinstellen.

3. Die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft ist in Betreff des Sauerstoff- und Stickstoff-Gehaltes eine constante; der Gehalt derselben an Kohlensäure schwankt zwischen nicht allzu weiten Grenzen.

4. Der Verbrauch von Sauerstoff und die Erzeugung von Kohlensäure durch den Athmungs-Proceß der Menschen und Thiere, durch den Verbrennungs- und Verwesungs-Proceß, ist ein außerordentlich bedeutender.

5. Die Pflanze ist die Regulatorin der atmosphärischen Luft; sie nimmt die Kohlensäure auf, assimilirt den Kohlenstoff und giebt einen Theil des Sauerstoffs mit geringen Mengen von Kohlenwasserstoffen und Stickstoff an dieselbe ab.

6. Die Zerlegung der Kohlensäure findet nur am Tage durch Vermittelung des Sonnenlichts statt; in der Nacht wird dagegen von den Pflanzen Kohlensäure ausgeschieden, welche zum Theil durch Oxydation von Kohlenstoff aus der Substanz der Pflanze erzeugt ist, zum Theil von der aufgenommenen herrührt.

7. Die Kohlensäure wird von den Wurzeln und Blättern aufgenommen; jedoch nur in den Blättern und jungen Theilen der Pflanze und zwar in den grünen Theilen derselben zerlegt.

8. Die Ausscheidung der Kohlensäure in der Nacht hebt die Aufnahme derselben bei Tage bei weitem nicht auf: es wird bei Tage viel mehr Kohlensäure aufgenommen und zerlegt, als in der Nacht ausgeschieden.

9. Die Luft des Bodens ist viel reicher an Kohlensäure, als die atmosphärische Luft; Quellen für die Kohlensäure derselben sind der Humus, die Luft und die Pflanze selbst.

10. Die Kohlensäure der atmosphärischen Luft reicht vollkommen hin, um die Pflanzen mit dem ihnen nothwendigen Kohlenstoff zu versehen; dennoch aber dürfen wir gegen eine Bereicherung des Bodens an Humus nicht gleichgültig sein.

Kapitel II.

Der Stickstoff.

§ 26.

Betrachten wir die Formen und Verbindungen, in denen der Stickstoff auf der Erde vorkommt, so werden wir zu dem Schlusse geführt, daß der Stickstoff der Pflanzen entweder von dem freien Stickstoff der atmosphärischen Luft, von der Salpetersäure, oder vom Ammoniac stammen muß, denn diese 3 Formen sind allein allgemein auf der Erde verbreitet und der Stickstoff der Pflanzen kann nur aus solchen Quellen herrühren, welche allen Pflanzen zugänglich sind.

I. Stammt der Stickstoff der Pflanzen aus dem ungebundenen Stickstoff der atmosphärischen Luft?

§ 27.

Diese Frage ist von ganz außerordentlicher Wichtigkeit, denn wird sie dahin entschieden, daß die Pflanzen den Stickstoff der atmosphärischen Luft assimiliren können, so braucht der Landwirth den Pflanzen durch den Dünger keinen Stickstoff zuzuführen, da ja in dem Falle die atmosphärische Luft eine überaus reichliche Quelle darbieten würde. Gemäß der Wichtigkeit der Frage sind auch vielfache, sehr genaue und ausführliche Untersuchungen zur richtigen Beantwortung derselben angestellt worden.

a. Geschichtliche Entwicklung der Frage.

Zuerst machte Priestley im Jahre 1771 darauf aufmerksam, daß gewisse Pflanzen den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu assimiliren vermöchten, da er gefunden hatte, daß Pflanzen von *Epilobium hirsutum* (Weiderich) unter einem Recipienten von 10" Höhe und 1" Weite inner-

halb eines Monats $\frac{7}{8}$ der darin enthaltenen Luft absorbiert hatten. — Auch Ingenhouß sprach sich 1779 dahin aus, daß alle Pflanzen, welche im Stickstoffgase vegetiren, in wenigen Stunden merkliche Mengen desselben aufnehmen. — Darauf stellte Saussure, im Jahre 1804, Versuche über diesen Gegenstand an und fand, daß niemals irgend eine Verminderung des Stickstoffgases stattfand, im Gegentheil beobachtete er eine Ausscheidung von Stickstoff. Er kam daher durch seine Versuche zu dem Schlusse, daß der Stickstoff der Pflanzen aus dem Boden stamme und zwar aus den im Boden vorhandenen thierischen und pflanzlichen Nesten, oder auch in Form von Ammoniac in der Luft existirt habe und durch Regen zur Ackererde geführt sei: die Gegenwart des Ammoniac in der Luft wies Saussure zuerst nach. — Die Beobachtungen Saussure's bestätigten Woodhouse und Sennebier. — Diese Versuche wurden in den letzten Jahren des vorigen und den ersten dieses Jahrhunderts angestellt. Jetzt verging eine Reihe von Jahren, bevor diese Frage wieder zum Gegenstande von Untersuchungen gemacht wurde. Der erste, welcher diese Untersuchungen wieder aufnahm, war Boussingault, der seine ersten Versuche im Jahre 1838 anstellte und dann in den folgenden Jahren weitere sehr zahlreiche, sorgfältige und ausführliche Versuche unternahm. Eine Wiederaufnahme der Untersuchungen über eine so wichtige Frage war durchaus nothwendig, da zum Theil die alten Versuche, wenn auch mit großer Sorgfalt (wie die Saussure'schen), so doch nur mit den Hilfsmitteln der damaligen Zeit, gemacht waren, und deshalb eine sichere Entscheidung gerade bei dieser Frage nicht geben konnten. — Nach Boussingault sind dann weitere Versuche von Bille, Harting, Mène, Pexholdt, Lawes, Gilbert und Pugh und Bretschneider angestellt worden, deren Resultate wir im Folgenden kennen lernen werden.

§ 28.

b. Die Arbeiten Boussingault's.

Boussingault, bekannt mit den Schwierigkeiten, zugleich aber auch mit den Fehlerquellen der Versuche seiner Vorgänger, besonders der Saussure'schen, auf welche ja am meisten Gewicht gelegt werden mußte, wandte eine andere, einfache, aber zur Entscheidung der Frage sehr sichere Methode an. Während die früheren Forscher auf eudiometrischem Wege die Frage zu lösen suchten, verglich Boussingault einfach den Stickstoffgehalt der Samen mit dem der Ernte, welche er in einem von Stickstoff vollständig freien Boden erhalten hatte, und schloß aus einem größeren oder geringeren Gehalte dieser gegen jene auf Aufnahme, oder Nichtaufnahme von Stickstoff aus der Luft.

Bei seinen ersten Versuchen mit Klee, Erbsen und Weizen enthielten die beiden ersten mehr Stickstoff in der Ernte, als

im Samen, bei letzterem zeigte sich einmal ein geringer Verlust, ein anderes Mal eine solche Zunahme.

Aus diesen Versuchen folgt also für die Leguminosen, daß diese Stickstoff aus der Luft aufnehmen können, während sie für die Cerealien keinen sichern Schluß zulassen. Ob aber der aufgenommene Stickstoff aus dem ungebundenen oder dem gebundenen Stickstoff (Ammoniac, Salpetersäure) der atmosphärischen Luft stammt, lassen diese Versuche noch unentschieden.

Deshalb stellte Boussingault im Jahre 1851 und den folgenden Jahren neue Versuche zur Entscheidung dieser Frage an.

Bei diesen Versuchen befanden sich die Pflanzen in einer Atmosphäre, welche vorher von allem gebundenen Stickstoff (Ammoniac, Salpetersäure) befreit war. Das Princip der Methode war, wie schon angegeben, die Bestimmung des während der Vegetation aufgenommenen Stickstoffs durch Vergleichung des Stickstoffs der Samen mit dem der Ernte, deshalb war die genaueste Stickstoffbestimmung sowohl für den Stickstoff der Samen als den der Ernte nothwendig.

Zur Stickstoffbestimmung der Samen suchte Boussingault eine Reihe von Samen von derselben Ernte aus, bestimmte durch Gewicht dieselbe Größe einer Anzahl und von diesen verwandte er einen Theil zur Analyse, welche mit größter Sorgfalt und nach den besten Methoden ausgeführt wurde, und die andern zur Ausfaat.

Bei der Ernte ferner wurde die Pflanze, resp. Pflanzen, der Boden und der Topf der Stickstoff-Analyse unterworfen und zwar stets die ganze Ernte und wenigstens $\frac{1}{3}$ der Erde und des Topfes. Auf diese Weise geschah alles, um die Resultate zu durchaus sicheren zu machen.

Boussingault folgert nun aus seinen in den Jahren 1851, 1852 und 1853 gemachten Versuchen, welche mit Bohnen, Lupinen, Hafer und Kresse angestellt waren, und bei welchen bei 11 Fällen der Stickstoff der Ernte weniger und nur bei dreien mehr als der der Samen betrug, daß die Pflanzen das Vermögen, den atmosphärischen Stickstoff zu assimiliren, nicht besitzen.

Der Apparat, dessen sich Boussingault zu diesen Versuchen bediente, bestand aus einer Glasglocke von 35 Ltr. Inhalt, welche auf 3 Porzellan-Würfeln in eine Glasschale gestellt war. In der Mitte dieser Schale stand, auf einer Unterlage, welche durch ein umgekehrtes Glas gebildet wurde, ein Krystallgefäß, in welchem vermittelst Ausfaugung Wasser unterhalten wurde, und in dem sich der Topf mit der Pflanze befand. In der großen Schale war mit Schwefelsäure stark angesäuertes Wasser, um

die Luft, welche nach dem Wechsel der Temperatur und des Luftdrucks und dann durch die in Folge der sauren Flüssigkeit stattfindenden Diffusion, in den Apparat dringt, von allem Ammoniac zu befreien. Um in dem Krystallgefäß Wasser zu unterhalten, war ein 2fach gebogenes Rohr angebracht, welches unter der Glasglocke durchging und bis zu diesem Gefäße reichte; dies war natürlich von allem gebundenen Stickstoff befreit. Ferner wurde durch ein anderes 2fach gebogenes Rohr, das ebenfalls unter der Glasglocke hindurchführte, Kohlenäure in den Apparat gebracht, damit die Pflanzen keinen Mangel hieran litten; die Kohlenäure war natürlich ebenfalls auf das sorgfältigste gereinigt; die Menge derselben im Apparat betrug zwischen 1 und 8%. In dem Topfe, in welchem die Samen zum Keimen gebracht wurden, befand sich fein gepulverter Bimstein, der zuvor gewaschen und in demselben Topfe geglüht worden war; nach dem Glühen ließ man Topf und Erde unter einer Glocke erkalten, um so ein Anziehen von Ammoniac zu verhüten. Nach dem Erkalten wurde die Erde mit ammoniacfreiem Wasser befeuchtet und mit Düngerasche, welche alle nothwendigen unorganischen Stoffe enthielt, versetzt. In diese so vorbereitete Erde wurde dann der Same gesät. Der Apparat stand fest auf einer in dem Boden des Gartens in der Nähe einer mit Wein bepflanzten Mauer eingegrabenen Steinplatte und war hier mittelst hölzerner Querlatten befestigt. Zum Schutz gegen sehr warme Sonnenstrahlen diente ein Schirm von Baumwolle.

Um den Verlauf der Entwicklung der Pflanzen bei diesen Versuchen zu zeigen, gebe ich in aller Kürze die Beschreibung eines derselben. Am 10. Mai 1852 wurde eine Bohne 0,53 Grm. schwer mit einem Stickstoffgehalte von 0,021 Grm. in die Erde gebracht, welche als Dünger Düngerasche und die Asche einer Bohne erhalten hatte. Am 6. Juni steht die Pflanze üppig, am 12. ist die Vegetation schön, obgleich die Blätter etwas kleiner und blasser als die von im Freien gewachsenen Bohnen; am 28. Juni ist der Stengel kräftig und die Pflanze hat außer den sehr stark entwickelten Samenblättern noch 6 normale Blätter. Am 11. Juli sind 12 wohlgestaltete, aber etwas blasse Blätter vorhanden; am 21. Juli hat die Bohne 22 Blätter und am 6. Aug., wo der Versuch beendet, noch 15, während 7 schon abgefallen waren.

Die Analyse ergab nun:

Stickstoff in der geernteten Pflanze	0,0176 Grm.,
" im Bimstein	0,0003 "
" " Gefäße	0,0010 "
	<hr/>
also der Stickstoff der Ernte	0,0189 Grm.,
der Stickstoff des Samens	0,0210 "

somit ist ein Verlust von 0,0021 Grm.

während der Vegetation eingetreten. Die folgende Tabelle pag. 97 zeigt die Resultate der anderen Versuche.

Diese Versuche Boussingault's, welche so äußerst sorgfältig angestellt und ausgeführt worden sind, würden allein für die Frage entscheidend sein, wenn nicht außerdem andere Versuche vorlägen, welche gerade das entgegengesetzte Resultat geliefert haben. Diese Versuche wurden von Wille ausgeführt.

Name der Samen	Dauer des Versuchs	Gewicht der Ausfaat	Gewicht der Ernte	Stickstoff der Ausfaat	Stickstoff der Ernte	Gewinn oder Verlust während der Vegetation
Zwergbohne	2 Monate	0,780	1,87	0,0349	0,0340	—0,0009
Hafer	2 "	0,377	0,54	0,0078	0,0067	—0,0011
Flageoletbohne	3 "	0,618	1,13	0,0245	0,0226	—0,0019
Hafer	2 ¹ / ₂ "	0,139	0,44	0,0031	0,0030	—0,0001
Weißer Lupine	6 Wochen	0,825	1,82	0,0480	0,0483	+0,0003
" "	2 Monate	2,202	6,73	0,1282	0,1246	—0,0036
" "	7 Wochen	0,600	1,95	0,0349	0,0339	—0,0010
" "	6 "	0,343	1,05	0,0200	0,0204	+0,0004
" "	6 "	0,686	1,53	0,0399	0,0397	—0,0002
Zwergbohne	2 Monate	0,792	2,35	0,0354	0,0360	+0,0006
" "	2 ¹ / ₂ "	0,665	2,80	0,0298	0,0277	—0,0021
Gartenkresse ¹⁾	3 ¹ / ₂ "	0,008	0,65	0,0013	0,0013	+0,0000
Weißer Lupine ²⁾	5 "	0,627	5,76	0,1827	0,1697	—0,0130

§ 31.

c. Die Arbeiten von Wille.

Wille machte seine ersten Versuche im Jahre 1849, dann weitere in den Jahren 1850, 1851 und 1852. Bei den 1851 und 1852 angestellten Versuchen befanden sich die Pflanzen in einem Glaskasten, der täglich vermittelst eines Aspirators mit frischer Luft versehen wurde, welche, bevor sie in den Apparat trat, durch Gefäße passirte, welche mit Schwefelsäure getränktem Bimstein und ferner mit einer Lösung von 2fach kohlensaurem Natron gefüllt waren; erstere befreite sie vom Ammoniak, letztere von der Salpetersäure. Im Jahre 1851, wo er mit 3 Sonnenblumen und 2 Tabackspflanzen operirte, erhielt er in der Ernte einen Gewinn von 0,481 Grm. Stickstoff, im Jahre 1852, bei Versuchen mit Weizen eine Stickstoffzunahme von 0,036 Grm.

Diese Versuche führten Wille zu dem Schlusse, daß die Pflanzen die Fähigkeiten besitzen, den ungebundenen Stickstoff der atmosphärischen Luft zu assimiliren. Jetzt legte Wille seine Arbeiten der Pariser Akademie vor und diese ernannte eine Commission, bestehend aus Dumas, Regnault, Deraigne,

1) 10 Samen, 0,026 Grm. schwer, als Dünger angewendet.

2) 8 Samen, 2,512 Grm. schwer, als Dünger angewendet.

Béligot und Chevreuil, welche neue von Wille anzustellende Versuche controliren sollten.

Diese Versuche wurden folgendermaßen ausgeführt: Der Apparat bestand aus einem Glaskasten von 150 Litr.; dieser communicirte einerseits mit einem Aspirator von 500 Litr., andererseits mit der atmosphärischen Luft und einem Reservoir mit Kohlensäure. Die Luft passirte, bevor sie in den Apparat gelangte, 2 Flaschen mit concentrirter Schwefelsäure und 2 Flaschen mit Soda, um so von jeglichem gebundenen Stickstoff befreiet zu werden. Die Luft im Apparate hatte auf 98 Theile 2 Th. Kohlensäure. In diesen Apparat kamen 3 Töpfe aus gebranntem Thon, deren Boden mit gebrannten, porösen Thonstücken ausgelegt war und deren Füllung aus Sand bestand. Im Apparat erneuerte sich die Luft binnen 80 Stunden 8mal, somit kamen täglich 360 Litr. Luft mit den Pflanzen in Berührung. In diese Töpfe wurden am 4. Aug. Kressfamen gesät und dem Sande Asche von Kressfamen zugefügt. Das Wasser, welches zum Begießen diente, wurde vor und nach dem Versuche auf Ammoniak untersucht.

Als die 3 Töpfe 3 Wochen im Apparat gewesen waren, wurde zwischen dem Glaskasten und dem Aspirator noch eine 25 Litr. fassende Glasglocke angebracht, durch welche die aus dem Glaskasten tretende Luft passiren mußte. Diese Glocke erhielt das nöthige Wasser durch eine außerhalb der Glocke angebrachte Flasche von $1\frac{1}{2}$ Litr. In diese Glocke wurde am 30. Aug. ein 4. Topf, der ähnlich, wie die 3 ersten, präparirt war, gebracht. Der ganze Versuch dauerte bis zum 12. Octbr. und ergab die auf der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate. (pag. 99).

Wie oben angeführt, war Wille durch seine früheren Versuche zu der Ansicht gelangt, daß die Pflanzen die Fähigkeit besäßen, den Stickstoff der Luft als solchen zu assimiliren. Die Commission, welche den oben beschriebenen Versuch controlirt hatte, that nach den gewonnenen Resultaten den Ausspruch, daß der im Garten Muséum d'Histoire naturelle von Wille angestellte Versuch zu demselben Schluß führe, wie die früheren desselben. Wir haben somit jetzt zwei sich ganz entgegengesetzt stehende Versuchsergebnisse. Welche geben auf die gestellte Frage die richtige Antwort?

§ 32.

d. Vergleichung der Arbeiten von Boussingault und Wille.

Der Hauptunterschied zwischen den Boussingault'schen und Wille'schen Versuchen ist der, daß Wille die Luft in seinem Apparate täglich mehrere Male erneuerte, während dies bei Boussingault nicht geschah. Wille sagt nun, daß die Boussingault'schen Versuche gerade dieses Grundes wegen für die Frage nicht entscheidend sein könnten, denn in einer stagnirenden(?) Luft, wie sie in dem Boussingault'schen Appa-

Stammt der Stickstoff der Pflanzen aus dem ungebundenen Stickstoff zc. 99

Fällung der Köpfe	Zahl der ausgefällten Kräftefamen	Gewicht derselben	Stickstoff derselben	Gewicht der wasserfreien Ernte	Stickstoff in derselben	Gewinn oder Verlust an Stickstoff	Bemerkungen
1. 200 Grm. Sand und 6 Grm. Pflanzenasche	158	0,319	0,0099	2,242	0,0097	- 0,0002	Vegetation äußerst kümmerlich; Höhe der Pflanzen 4 Ctm.
2. 500 Grm. Sand und 2 Grm. Pflanzenasche	60	0,124	0,0038	6,020	0,0530	+ 0,0492	Auffallend schöner als bei 1, die Pflanzen gelangen zur Blüthe.
3. 500 Grm. Sand und 2 Grm. Pflanzenasche	60	0,127	0,0039	1,506	0,0110	+ 0,0071	Vegetation besser als bei 1, aber schlechter als bei 2.
4. 700 Grm. Sand und 2 Grm. Pflanzenasche	100	0,206	0,0063	3,599	0,0350	+ 0,0287	Die Pflanzen gelangen zur Blüthe.

728

rate vorhanden gewesen sei, befänden sich die Pflanzen in unnatürlichen Verhältnissen und könnten sich deshalb auch nur kümmerlich und schlecht entwickeln. Die Beschreibung, welche Boussingault von der Entwicklung der Pflanzen bei seinen Versuchen giebt und von der ich die eines Versuches mitgetheilt habe, zeigt aber durchaus keine so sehr kümmerliche und schlechte Vegetation wie sie von Bille behauptet wird. Welcher von den beiden eingeschlagenen Wegen ist denn der richtige? sicherlich der, bei dem alle gestellten Bedingungen erfüllt werden, bei dem also vor Allem den Pflanzen außer dem im Samen befindlichen Stickstoff kein anderer in gebundener Form zugeführt wird. Diese Bedingung wird aber bei den Bille'schen Versuchen durchaus nicht erfüllt. Den Beweis hiesür liefert außer manchem Andern die auffallende Thatsache, daß das Begießungswasser, von dem allmählig 60 Litr. in den Apparat gekommen waren, nach dem Versuch an Ammoniak reicher war, als zu Beginn desselben. Nach den Analysen von Cloëz, welcher Bille bei den Versuchen assistirte, und Péligot, enthielt das Wasser im Liter:

	vor dem Versuche	— nach dem Versuche
1.	0,000660 Grm.,	0,00130 Grm.,
2.	0,000087 „	0,00052 „
Mittel	0,000373 Grm.,	0,00091 Grm.,
		0,000373 „

somit also mehr 0,000537 Grm.,
also die 60 Litr. 0,0322 Grm. Ammoniak mehr.

Es muß somit im Apparat eine Bedingung für eine Ammoniakbildung vorhanden gewesen sein. Cloëz forschte daher sogleich weiter nach, ob unter Umständen, ähnlich denen wie sie im Apparat vorhanden waren, Stickstoff gebunden werden könnte, und er fand, daß dies der Fall sei. Wenn man deshalb von allen anderen Umständen absieht, so genügt dieser allein, um den Bille'schen Resultaten kein Zutrauen zu schenken und sich bei der Frage an die von Boussingault durch seine Versuche erhaltene Antwort, daß die Pflanzen den freien Stickstoff der Luft nicht assimiliren können, zu halten. Noch mehr unterstützt und berechtigt zu diesem Schlusse werden wir durch die von andern Forschern über diesen Gegenstand angestellten Versuche, welche alle zu dem Resultate wie die Boussingault'schen führen.

Erwähnt muß hier aber zugleich werden, daß Wille noch bis heute seine Ansicht in Bezug auf die Stickstoffquelle der Pflanze in ihrer ganzen Ausdehnung aufrecht erhält, wie er dies noch in einer Abhandlung in den Comptes rend. vom Jahre 1863 ausspricht. Wille hat deshalb auch fortwährend weitere Versuche in dieser Richtung gemacht und betont jetzt vor Allem, daß das Vermögen, den Stickstoff der Luft zu assimiliren, kräftig entwickelten Pflanzen zukommt, was er dadurch beweist, daß Pflanzen, denen außer dem Stickstoff im Samen noch Stickstoff im Dünger in Form von Ammoniak- oder salpetersauren Salzen gegeben war, oft nicht unbeträchtlich mehr Stickstoff bei der Ernte enthielten, als im Samen und Dünger enthalten gewesen war. Auf diese Versuche werde ich später Gelegenheit haben zurückzukommen, weshalb ich hier nur die Resultate derselben anführe.

§ 33.

e. Die Arbeiten von Mène, Harting und Gunning, Lawes, Gilbert und Pugh, ferner die von Roy, Pechholdt und Bretschneider.

Die anderen zur Entscheidung der Frage angestellten Versuche werde ich nur kurz anführen, da die Methode, welche bei denselben angewendet, ähnlich den vorher beschriebenen war. Mène stellte seine Versuche mit Weizen, Erbsen, Bohnen, Hafer u. s. w. an, und schließt aus denselben, bei welchen er auch zum Theil noch stickstoffhaltigen Dünger zum Boden brachte, daß die Pflanzen sich den freien Stickstoff nicht aneignen können. Ferner hat Harting im Verein mit Gunning Versuche über die Stickstoffquelle der Pflanzen angestellt, welche ebenfalls der Pariser Akademie vorgelegt wurden und aus denen er folgert, daß bis jetzt nichts beweise, daß der freie Stickstoff assimilirt werde. — Die ausführlichsten Versuche nächst denen von Boussingault und Wille sind dann von Lawes, Gilbert und Pugh in den Jahren 1857 und 1858 gemacht worden. Diese Forscher ließen die Samen, deren Stickstoff genau bestimmt war, theilweise in einem an Stickstoff freien Boden in einer von Ammoniak und Salpetersäure befreieten Atmosphäre, theilweise dagegen in einem Boden, dem noch im Dünger außer den nothwendigen Aschenbestandtheilen, die bei allen Versuchen gegeben wurden, gebundener Stickstoff in Form von schwefelsaurem Ammoniak zugesetzt war, keimen und wachsen, wobei sowohl die Boussingault'sche, als auch die Wille'sche Methode ange-

wendet wurde. Aus allen ihren Versuchen, von denen 19 mit Gramineen, 6 mit Leguminosen und einige mit Buchweizen angestellt waren, schließen Lawes und seine Mitarbeiter, daß die Resultate in keinem Falle, so verschieden auch das Wachstum der Pflanzen in den einzelnen Fällen und so verschieden die Zugabe von gebundenem Stickstoff der Art waren, daß sie zu dem Schlusse berechtigten, die Pflanzen hätten freien Stickstoff assimilirt. — Schließlich führe ich noch an, daß von Roy, Beholdt und Bretschneider auch Versuche zur Beantwortung der Frage angestellt sind.

f. Folgerung aus diesen Arbeiten.

Aus allen diesen Arbeiten, welche zur Entscheidung der Frage, ob der freie Stickstoff der atmosphärischen Luft direkt eine Stickstoffquelle für die Pflanzen ist, angestellt sind, können wir mit Sicherheit den Schluß ziehen, daß der freie Stickstoff von den Pflanzen nicht assimilirt werden kann.

2. Rührt der Stickstoff der Pflanzen theilweise oder ganz von der Salpetersäure her?

§ 34.

Bevor wir zur Beantwortung dieser Frage übergehen, müssen wir uns vorher mit der Entstehungsweise und dem Vorkommen der Salpetersäure bekannt machen. Würde diese Untersuchung darthun, daß das Vorkommen der Salpetersäure kein allgemeines, oder ein sehr beschränktes sei, so wäre für die Beantwortung der Frage, welche dann mehr negativ ausfiel, schon viel gewonnen. Fallen dagegen die Resultate der Untersuchung dahin aus, daß sie zeigen, die Salpetersäure ist ganz allgemein verbreitet und ihr Vorkommen ist kein beschränktes, so werden wir hierin einen sichern Maßstab für die Wichtigkeit derselben für das Pflanzenleben haben.

§ 35.

a. Entstehungsweise der Salpetersäure.

Was zunächst die Entstehungsweise der Salpetersäure anbelangt, so ist diese eine verschiedene; sie bildet sich nämlich:

1. Bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Körper in Gegenwart von starken Basen. Auf

dieser Entstehungsweise der Salpetersäure beruht ihre Bildung in den sog. Salpeterplantagen. Dies ist ferner einer der Gründe für die Bildung derselben im Boden und im thierischen Dünger, in dem sie stets, wie ich mich durch vielfache Versuche überzeugt habe, vorhanden ist.

2. Entstehung von Salpetersäure durch elektrische Entladung. Bei der Betrachtung der Bestandtheile der atmosphärischen Luft wurde in Betreff des Ozons angeführt, daß dieses die wahre Ursache der Entstehung von Salpetersäure durch die elektrische Entladung sei, indem durch dieselbe Ozon entstehe und letzteres die Eigenschaft besitze, Stickstoff zu oxydiren. Diese von Schönbein gegebene Erklärung für die von Cavendish¹⁾ entdeckte Bildung von Salpetersäure durch den elektrischen Funken hat Carius in einer neuen ausführlichen Arbeit nicht bestätigt finden können, indem er zeigt, daß Stickstoff in Gegenwart von Wasser bei mittlerer Temperatur durch Ozon nicht oxydirt und auch Wasser nicht in Wasserstoffhyperoxyd verwandelt wird.

Carius leitete völlig reines ozonirtes Sauerstoffgas mit ebenso reinem Stickstoff gemengt sehr anhaltend in Wasser und zwar 9 Tage täglich 4–6 Stunden lang, damit durch ein sehr langes, viele Tage dauerndes Zusammenwirken der 3 Körper eine genügende Menge des Oxydations-Produktes sich im Wasser ansammeln könne. Ein zweiter, in derselben Weise angestellter Versuch dauerte 3 Wochen, in welcher Zeit 10 volle Tage das Gasgemisch: Ozon, Stickstoff und Sauerstoff in Wasser geleitet wurde. Die sorgfältigste Prüfung des Wassers ergab weder die Gegenwart von salpetriger Säure, Salpetersäure, noch Wasserstoffhyperoxyd. Das hierbei verwendete Ozon war durch Elektrolyse verdünnter Schwefelsäure nach der Methode von Soret dargestellt. Da nach diesen negativen Resultaten der bisher angestellten Versuche noch die Möglichkeit nicht ganz ausgeschlossen war, daß die Bildung von salpetriger Säure oder Untersalpetersäure durch Oxydation des Stickstoffs vermittelt Ozon nur bei höheren Temperaturen eintritt und zwar bei solchen, bei welchen das Ozon für sich schon eine rasche Umwandlung erleidet, so stellte Carius weitere Versuche an, bei welchen dieser Möglichkeit Rechnung getragen wurde.

Zu diesem Zwecke wurde ein Gemenge von ozonirtem Sauerstoffgas, Stickstoff und Wassergas durch ein sehr langes enges Glasrohr, welches durch ein langes Eisenrohr eines Ofens ging und hier auf die gewünschten Temperaturen erhitzt werden konnte, geleitet; das aus dem Eisenrohr hervorragende lange Ende des Gasleitungsrohres führte das entweichende Gasgemenge in Wasser. Bei 3 Versuchen, bei welchen die angewandte Temperatur 120°–150°, 160°–180° und 180°–210° betrug, konnte nicht

¹⁾ Später von Böttcher, Perrot, G. Buff, A. W. Hofmann, Souzeau, Meißner und von Babo bestätigt.

die geringste Spur von salpetriger Säure, Salpetersäure und Ammoniak nachgewiesen werden.

Diese Versuche, sagt Carius, beweisen „daß Ozon bei Gegenwart von Wasserdampf ohne Einwirkung auf Stickstoff bei Temperaturen ist, bei denen er selbst schon rascher in gewöhnlichen Sauerstoff übergeht. Die Temperatur=Grenzen, für welche die Versuche gültig, sind von etwa 0° bis 210° , oder richtiger bis zu der nicht genau bekannten Temperatur, bei welcher das Ozon gar nicht mehr bestehen kann.“

3. Hat nach Cloëz die poröse Masse des Bodens bei Gegenwart von Alkalien oder alkalischen Erden die Eigenschaft, die Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff zu bewirken.

Cloëz beweist dies dadurch, daß er einen von allen Beimengungen, sowohl salpetersaurer als ammoniakhaltiger Verbindungen befreiten Luftstrom durch eine Reihe von Flaschen (20), welche mit Stückchen einer porösen mit kohlen-sauren Alkalien oder alkalischen Erden getränkten Masse (Ziegelstein, Bimsstein) gefüllt waren, leitete und nach 6 Monaten in den Flaschen beträchtliche Mengen von salpetersauren Salzen als gebildet nachwies.

4. Schönbein hat ferner noch eine äußerst wichtige Quelle für die Bildung von gebundenem Stickstoff entdeckt. Schönbein fand nämlich, daß bei der Verdunstung von tropfenweise in eine offene gerade so stark erhitzte Platinschale, daß das Leidenfrost'sche Phänomen nicht eintritt, ferner durch Verbrennung von Holz, Steinkohlen, Phosphor, Arsenik und Schwefel in feuchter atmosphärischer Luft salpetrigsaures Ammoniak gebildet wird. Derselbe Körper entsteht ferner überall da, wo Wasser in Gegenwart von atmosphärischer Luft verdunstet; somit sind auch die Pflanzen Erzeuger von salpetrigsaurem Ammoniak, da sie ja fortwährend Wasser verdunsten. Diese Resultate der Schönbein'schen Versuche sind durch Böttcher bestätigt worden, welcher darthat, daß überhaupt überall da, wo kohlenwasserstoffhaltige, organische Körper in atmosphärischer Luft verbrennen, stets eine geringe Menge von salpetrigsaurem Ammoniak gebildet werde.

Die Versuche sind ferner noch von Zabelin wiederholt und ebenfalls bestätigt worden. — Das salpetrigsaure Ammoniak entsteht nach Schönbein aus Wasser und Stickstoff, indem sich sowohl der Wasserstoff als auch der Sauerstoff des ersteren mit letzterem verbindet.

Diese Entstehungsweise wird von Bohlig, der das Nitrit ebenfalls unter den oben näher bezeichneten Verhältnissen gefunden hat, angezweifelt; er glaubt, daß das Ammoniaknitrit nicht aus Wasserdampf und Stickstoff erzeugt worden sei, sondern daß es einfach aus der atmosphärischen Luft

condensirt wurde. v. Liebig weist dagegen in einer Anmerkung zu der Arbeit von Böhlig nach, daß die Resultate derselben im Einklang mit denen von Schönbein stehen, daß Böhlig's Versuche nur Reproduktionen und keine Wiederlegungen derselben seien.

G. Meißner tritt ebenfalls gegen Schönbein auf und ist der Ansicht, daß die von demselben als Nitrit nachgewiesene Verbindung nicht Nitrit, sondern Wasserstoffhyperoxyd sei; er leugnet ferner ganz die Zerlegung des Wassers, wodurch allein der zur Bildung von Ammoniak nothwendige Wasserstoff herrühren kann.

Bei der hohen Bedeutung der Frage über die Entstehung und Bildung des salpetersauren Ammoniaks in der Atmosphäre sind wir allen denjenigen, welche sich damit eingehend beschäftigen, zu Dank verpflichtet. Ohne hier auf die umfangreiche Literatur über diesen Gegenstand näher eingehen zu können, erwähnen wir noch die neueste Arbeit von Carius, welcher durch seine Untersuchungen die Frage über die Bildung des Ammoniaknitrits bei der Verdunstung und Condensation von Wasser zu beantworten versuchte.

Carius legte bei seinen Versuchen zunächst vor Allem darauf Gewicht, daß die benutzten Materialien absolut frei von salpetrigsaurem Ammoniak seien und daß die Verdunstung des Wassers unter bestimmten Temperaturverhältnissen statfinde. Er stellte so einen Versuch an, bei welchem das Wasser langsam bis auf etwa 60° erwärmt, dabei erhalten, und während der Zeit Luft durchgeleitet wurde (3 Tage lang), einen zweiten, bei welchem dies in derselben Weise während 2 Tage bei etwa 45° geschah, einer dritten in derselben Weise bei 100°, dann einer vierten, bei welchem Baumwolle, einer fünften, bei welchem eine Platinspirale in der Retorte befindlich, so daß die Gase damit fortwährend in Berührung waren.

Bei all diesen Versuchen konnte er im Destillat und Rückstand kein salpetrigsaures Ammoniak nachweisen.

Carius sagt daher: das Resultat dieser Versuche läßt keinen Zweifel darüber, daß die Annahme, bei Verdampfen oder Condensation von Wasser in Luft entstehe salpetrigsaures Ammoniak, unrichtig ist: es bildet sich keine Spur dieser Stickstoffverbindungen. Diese Körper müssen also bei den früheren Versuchen aus der angewandten Luft, dem Wasser, oder der Baumwolle stammen. Bei Anwendung nicht reiner Luft erhält man im Destillations-Rückstand stets eine deutliche Reaction auf Ammoniaknitrit und im Destillat wenigstens eine auf Ammoniak.

Als Resultat seiner Versuche giebt Carius ab, daß die durch Thatsachen nachgewiesenen Entstehungsweisen von salpetriger Säure und Salpetersäure aus freiem Stickstoff

1. elektrische Entladung in Luft,
 2. Drydationserscheinungen anderer Körper in Luft
- sein.

Carius verneint somit als Quelle für die Entstehung von oxydirtem Stickstoff, nur die eine von Schönbein angegebene, nämlich die durch Verdunstung von Wasser, während er die andere, die Entstehung von salpetrigsaurem Ammoniak bei Drydationserscheinungen anderer Körper in Luft zugiebt. Diese Bildungsart von Ammoniaknitrit ist unter Anderen noch von Zabelin speciell nachgewiesen worden. Hiernach entsteht

also salpétrigsaures Ammoniak bei der Verbrennung von Phosphor, Leuchtgas, Spiritus, Arsenik, Schwefel, Holz, Steinkohlen u. s. w.

Bedenkt man fernerhin, daß wir noch lange nicht die complicirten bei der Bildung von Ammoniaknitrit in's Spiel kommenden Verhältnisse genau kennen und daß aus einigen nach einer Richtung hin angestellten Experimenten noch immer nicht ganz allgemeine gültige Schlüsse gezogen werden können, daß wir Schönbein als einen außerordentlich feinen und unermüdeten Forscher kennen, so lassen sich so vielleicht auch die bis jetzt von verschiedenen Forschern erhaltenen und sich zum Theil widersprechenden Resultate auf ein gemeinschaftliches und gültiges Resultat zurückführen. Schönbein hat nicht gesagt, daß sich unter allen Umständen bei der Verdunstung von Wasser salpétrigsaures Ammoniak bilde; er selbst giebt an, daß er zuweilen diesen Körper sicher, zuweilen hat nicht nachweisen können. Die anderen Forscher, welche verneinende Resultate erhalten, haben daher nur dargethan, unter welchen Verhältnissen diese wichtige Verbindung nicht entsteht.

Wird von den Forschern, welchen bei ihren Versuchen der Nachweis der Bildung von salpétrigsaurem Ammoniak nicht möglich war, angegeben, daß dort, wo dies bei Versuchen der Fall, der Grund dafür darin zu suchen sei, daß jene Versuchsansteller nicht mit reinen Materialien arbeiteten, daß das Wasser, die atmosphärische Luft zc. das gefundene salpétrigsaure Ammoniak bereits gebildet enthielten, so geht hieraus thatsächlich hervor, daß das salpétrigsaure Ammoniak nach allen Forschern in der Atmosphäre allgemein verbreitet vorkommt. Diese Thatsache ist für den Pflanzenphysiologen, für den Landwirth, die wichtigste: sie ist umso mehr von hoher Bedeutung, als thatsächlich jeden Augenblick, wie wir später noch genauer nachweisen werden, aus dem gebundenen Stickstoff ein Theil in den freien Zustand übertritt und somit der für das organische Leben vorhandene Stickstoff von Jahr zu Jahr der Menge noch geringer werden müßte, wenn nicht Ursachen vorhanden wären, welche die Oxydation von freiem Stickstoff bedingten. Die stetige Gegenwart und die allgemeine Verbreitung von salpétrigsaurem Ammoniak beweisen letzteres. Kann diese Verbindung auch, wie wir gleich näher sehen werden, aus Ammoniak entstehen, so ist hierdurch nichts gegen die Thatsache, daß dann eine Verminderung des gebundenen Stickstoffs, eine Abnahme des vegetativen Lebens stattfinden müßte, bewiesen.

5. Bildung von salpétriger Säure resp. Salpetersäure durch Oxydation des Ammoniaks.

a. Oxydation des Ammoniaks durch Ozon. Diese von Baumert und Goppelsröder hervorgehobene Bildungsweise von salpétriger Säure und Salpetersäure ist von Carius experimental dargethan worden.

Carius leitete elektrolytisch dargestelltes, sorgfältigst gewaschenes ozonirtes Sauerstoffgas lange Zeit durch sehr verdünntes Ammoniak und konnte in demselben salpétrige Säure und Salpetersäure, sowie Wasserstoffhyperoxyd nachweisen. Die Entstehung von Wasserstoffhyperoxyd bei diesem Prozesse ist bei der hohen oxydirenden Wirkung, welche dasselbe auf Ammoniak ausübt, ebenfalls sehr wichtig.

Ist der Nachweis der Bildung von salpétriger Säure und Salpetersäure durch Ozon auch sehr interessant, so ist der weitere Schluß, welchen Carius

hieraus herleitet, daß die Oxydation des Ammoniake durch Ozon die für die Natur wichtigste Bildung von salpetrigsaurem und salpetersaurem Salz sei, doch wohl etwas gewagt und nicht als absolut sicher zu acceptiren. Wäre dies der Fall, so müßten wir mehr Quellen für die Bildung von Ammoniak haben, als wir bis jetzt kennen. Wir wissen heute nur bestimmt, daß sich Ammoniak bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Körper bildet, daß aber ferner bei diesem Prozesse ein Theil des gebundenen Stickstoffs in den freien Zustand übergeht.

b. Oxydation von Ammoniak im Boden zu Salpetersäure. Die Entstehung von Salpetersäure durch Oxydation von Ammoniak ist unter Anderen von Boussingault und Knop dargestellt worden.

Nach Knop wird die Salpetersäure durch Einwirkung der Flächenattraction des porösen Erdreiches auf das Ammoniak erzeugt; die Erde verdichtet, wie alle porösen Körper, atmosphärischen Sauerstoff und veranlaßt so die Verbindung desselben mit den Bestandtheilen des Ammoniake, wodurch Wasser, salpetrige Säure und Salpetersäure entsteht, die gebildete salpetrige Säure verwandelt sich allmählig in Salpetersäure.¹⁾ Die Ursachen der Oxydation des Ammoniake sind noch nicht vollständig erforscht.

Humussaures Ammoniak oxydirt sich bei Gegenwart von Wasser, wie alle humusfauren Alkalien weit rascher, als der Humus für sich; Eisenoxydhydrat wirkt, indem es zu Oxidhydrat reducirt wird, verbrennend auf das Ammoniak. (Knop). Auch nach Thénard ist das Eisenoxyd ein wesentliches Oxydationsmittel für die im Boden befindlichen organischen Stoffe und für die Bildung der Salpetersäure, diese Eigenschaft des Eisenoxyds bestätigen auch Kuhlmann und Gräger. Nach Millon ist dagegen das Eisenoxydhydrat ohne allen Einfluß auf die Nitrification, indem dieselbe nach ihm allein von der Humussubstanz abhängig ist, welche dadurch die Oxydation des Stickstoffs bedingt, daß sie selbst Sauerstoff begierig aufnimmt. H. Mangon andererseits hält es für wahrscheinlich, daß nicht das Eisenoxyd für sich, sondern daß ein humussaures Eisensalz hier wirksam sei.

Nach Th. Schlösing lassen sich die Bedingungen, welche auf die Salpetersäurebildung im Boden Einfluß haben, im Allgemeinen in 3 Kategorien bringen: 1. die vom Boden abhängigen, 2. die von der Einwirkung der Atmosphäre bedingten und 3. die physikalischen.

Schlösing verdanken wir nun einige Versuche, welche den Einfluß des Sauerstoffs der im Boden eingeschlossenen Atmosphäre zum Gegenstande des Studiums hatten.

Bei der ersten Versuchsreihe wurden 5 Proben von je 2 Kilo eines kalkhaltigen humusreichen fruchtbaren Bodens, dessen Mineralthelle aus

¹⁾ Dieselben Ursachen bedingen die Bildung des salpetersauren Kalkes, des sog. Mauerstickstoffs, Mauerkrasses, aus dem Mörtel der Stallwände und anderer Mauern, welche ammoniakalischen Dünsten ausgesetzt sind.

14,6% Thon, 19,5% feinem Kalk, 17,7% Kalksand und 48,0% Quarzsand bestanden, in Glasröhren eingefüllt. Der Wassergehalt der Erde betrug 15,9% und der Stickstoffgehalt 0,263%. Durch diese so gefüllten Röhren wurden bei gewöhnlicher Temperatur künstliche Gemische von gewöhnlicher Luft und Stickstoff, welche vor ihrem Eintritt in die Röhren von Kohlensäure und Ammoniak (nicht von salpetriger und Salpetersäure?) befreit waren, geleitet.

Die Versuche dauerten vom 5. Juli bis zum 7. November 1872. Die am Schlusse des Versuches ausgeführten Salpetersäurebestimmungen ergaben folgende Zahlen.

	I.	II.	III.	IV.	V.
In der zugeführten Luft war an Sauerstoffenth.	1,5 Vol. %	6 Vol. %	11 Vol. %	16 Vol. %	21 Vol. %
Mittlere Temperatur	24,3°	24,0°	23,1°	24,2°	25,2°
Am 7. Nov. 1872	151,8	201,8	238,6	352,7	268,7 Mgr.
Am 5. Juli 1872	106,1	106,1	106,1	106,1	106,1
Zunahme an Salpetersäure	45,7	95,7	132,5	146,6	162,6

Der Forscher schließt hieraus: „Die Bildung von Salpetersäure scheint hier abzuhängen von der Menge des Sauerstoffs in der abgeschlossenen Atmosphäre; sie ist noch merklich, wenn dessen Gehalt auf 1,5 Volumprocent sinkt.“

Die zweite Versuchsreihe unterscheidet sich von der ersten nur dadurch, daß der Wassergehalt der Erde bis zur Sättigung erhöht (24%) und daß zur ersten Probe nur reines Stickstoffgas geleitet wurde. Die erhaltenen Resultate sind die folgenden.

Sauerstoffgehalt der zugeführten Luft	0	6	11	16	21 Vol. %
Mittlere Temperatur	14,3°	14,5°	15°	16,1°	14,2°
Salpetersäure, Ende des Versuches	00	263	286	267	289 Mgr.
Salpetersäure, Beginn des Versuches	64	64	64	64	64
	- 64	+ 199	+ 222	+ 203	+ 225

Der Verfasser bemerkt hierzu: „In der ersten Probe ist die vorhandene Salpetersäure vollständig zerstört worden, zweifellos unter der Einwirkung reducirender organischer Substanz. In den anderen war die Salpetersäurebildung ziemlich gleich, ganz so, als ob der Reichthum an Wasser den Einfluß des Sauerstoffgehaltes, der in der ersten Versuchsreihe deutlich war, aufgehoben hätte. Aber abgesehen von diesem Unterschiede zwischen den Resultaten der beiden Reihen, führt die eine wie die andere

*) Hier eine Verwechslung der Röhren IV und V möglich.

zu demselben Schlusse, nämlich, daß die Bildung von Salpetersäure, auch in einem mit Wasser bis zur Sättigung getränkten Boden noch erfolgt, selbst wenn die abgeschlossene Atmosphäre sehr arm an Sauerstoff ist."

Der Stickstoff der Luft und die im Boden stattfindende Salpetersäurebildung. Da im Boden bei Sauerstoffzutritt fortwährend Nitrification vor sich geht, so ist die Frage, ob hierbei auch der freie Stickstoff der Atmosphäre einen thätigen Antheil nimmt, von hoher Bedeutung. Dehérain stellte zuerst hierüber Versuche an und glaubte durch die Resultate derselben zu der Annahme berechtigt, daß die langsame Oxidation organischer Substanzen im Boden, den atmosphärischen freien Stickstoff gleichfalls zu Oxidationen veranlasse. W. Wolf, welcher fast gleichzeitig mit einer Arbeit über diesen Gegenstand beschäftigt war, wies bald darauf nach, daß die Untersuchungsmethode Dehérain's eine derartige sei, daß man die durch dieselbe erhaltenen Resultate mit großer Vorsicht aufnehmen müsse und gelangte durch seine Versuche zu dem bestimmten Resultate, daß eine Bindung von atmosphärischem, freiem Stickstoff im Boden nicht stattfindet.

Wolf schloß bestimmte Erdmengen (meist 100 Grm.) von gleichem Feuchtigkeitsgrade bei bestimmter Temperatur mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft kürzere oder längere Zeit in geräumige Gläser von bekannter Capacität ein und fand in allen Fällen bei volumetrischer Untersuchung der Luft nach Beendigung der Versuche, daß ein Stickstoffdeficit nicht entstanden, daß also atmosphärischer freier Stickstoff nicht gebunden war.

Eine weitere Arbeit über diese wichtige Frage verdanken wir Boussingault, welcher zu demselben Resultate, wie Wolf gelangte, indem seine Versuche bestimmt darthun, daß der freie atmosphärische Stickstoff an der Salpetersäurebildung, welche in einem Boden stattfindet, der sich unter einer abgeschlossenen, nicht sich erneuernden Atmosphäre befindet, nicht theilnehmen kann.

Unter den gegebenen Versuchsverhältnissen war die Salpetersäurebildung nur auf Kosten der Humussubstanzen, die sich in jedem fruchtbaren Boden finden, geschehen.

Boussingault brachte 100 Grm. trockener Erde, welche mit 300 Grm. reinen Quarzsandes vermischt und darauf mit Wasser angefeuchtet waren, in einen Glasballon, der 100 Liter Luft faßt und stellte denselben mit Kork und Kautschuk fest verschlossen in den Keller.

In einem zweiten Ballon wurde dasselbe Gemenge, welches aber außerdem noch mit 5 Grm. Holzfaser vermischt war, um zu sehen, ob eine größere Menge von Kohlenstoff bei seiner langsamen Verbrennung die Oxidation des Stickstoffs begünstige, gebracht und ebenso hingestellt.

Die verwendete Erde enthält im lufttrockenen Zustande:

Gesamtnitrostoff	0,4722	Grm.
Salpetersäure	0,0029	"
Ammoniak	0,0200	"
Kohlenstoff	3,6630	"
Kalk	1,0000	"
Magnesia	0,0500	"
Kali	0,0100	"

Die Ballons wurden im Jahre 1860 aufgestellt und blieben bis zum August 1871 stehen.

Die Ergebnisse des Versuches ergaben die folgenden Zahlen:

	Im Jahre		
	1860	Im Jahre 1871	
		1. Versuch	2. Versuch
Gesamtnitrostoff	0,4722	0,4520	0,4622
Salpetersäure	0,0029	0,6178	0,5620
Stickstoff in der Salpetersäure	0,00075	0,1600	0,1457
Kohlenstoff	3,6630	3,0670	3,3580
Verlust an Gesamtnitrostoff	—	0,0202	0,0082

In beiden Versuchen fand demnach keine Zunahme, sondern sogar eine Abnahme des Gesamtnitrostoffs statt, es ist daher wohl mit ziemlicher Gewißheit anzunehmen, daß für die Salpetersäurebildung nur der Stickstoff der Humusstoffe des Bodens verwendet wurde und daß eine Beteiligung des atmosphärischen freien Stickstoffs bei diesem Prozesse nicht stattgefunden hat.

§ 36.

b. Vorkommen der Salpetersäure.

Mar g g r a f in Berlin war der erste, welcher in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Salpetersäure als Bestandtheil der atmosphärischen Luft nachwies; worauf im Jahre 1826 zuerst von v. Liebig wieder auf ihr Vorkommen in der atmosphärischen Luft aufmerksam gemacht wurde. Nachdem so ihr Vorkommen festgestellt war, sind dann von vielen Chemikern quantitative Untersuchungen über das Vorkommen der Salpetersäure angestellt, wie von Barral, Bay, Boussingault, Deville, Städhardt, Knop, W. Wolf, Peters, Bretschneider u. A.

Die von diesen Analytikern erhaltenen Zahlen über die Menge der in den verschiedenen atmosphärischen Niederschlägen, im Teich-, Fluß- und Seewasser, sowie in der Ackerkrume vorkommenden Salpetersäure sind auf einer Tabelle zusammengestellt, welche sich am Ende dieses Kapitels, Anhang II und IV befindet.

§ 37.

c. Ist die Salpetersäure in Betreff des Stickstoffs ein Nahrungsmittel für die Gewächse?

Nach den bis jetzt hierüber vorliegenden zahlreichen Versuchen können wir diese Frage mit Sicherheit mit „Ja“ beant-

worten: Die Salpetersäure ist hinsichtlich ihres Stickstoffs ein Nahrungsmittel für die Pflanzen. Von den vielen angestellten Versuchen will ich zum Beweise des soeben gethanenen Ausspruchs einerseits nur die von Boussingault und Bille anführen, andererseits nur auf diejenigen hinweisen, welche über das Wachstum von Pflanzen in wässerigen Lösungen angesetzt sind.

α. Die Versuche Boussingault's.

Boussingault zieht aus einer Reihe von Versuchen den Schluß, daß die salpetersauren Salze äußerst günstig auf die Entwicklung des Pflanzen-Organismus einwirken, d. h. daß ihr Stickstoff von den Pflanzen assimilirt und hierdurch dieselben in den Stand gesetzt werden, Kohlensäure und die übrigen Nährstoffe in weit höherem Grade zu assimiliren.

Von seinen Versuchen führe ich folgende an:

Der Boden bestand bei diesen Versuchen aus geglühtem Sande, dem Düngerasche zugesetzt war; die Töpfe standen im Freien, vor Regen geschützt und wurden mit kohlesäurehaltigem Wasser begossen; die übrigen Angaben und Resultate sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt. (pag. 112).

β. Die Versuche Bille's.

Bille, von welchem ebenfalls viele Versuche über die Wirkung der salpetersauren Salze angestellt worden sind, folgert aus denselben, daß die salpetersauren Salze sehr günstig auf die Vegetation einwirken und daß der Stickstoff derselben von den Pflanzen assimilirt wird. Ferner zieht dann Bille aus seinen Versuchen noch den Schluß, der oben schon angedeutet, daß die durch die salpetersauren Salze kräftig entwickelten Pflanzen das Vermögen besitzen, ungebundenen Stickstoff aus der Atmosphäre aufzunehmen, weil der Stickstoff der Ernte größer war als der Stickstoff der Ernte und des Düngers; weshalb aber dieses Plus von dem freien und nicht von dem gebundenen Stickstoff der atmosphärischen Luft herrühren soll, ist nicht gut abzusehen. Diese Folgerung scheint mir nur die Hartnäckigkeit, mit der Bille bei seiner einmal gefaßten Ansicht über die Stickstoffnahrung der Pflanzen beharrt, darzuthun.

Von den Bille'schen Versuchen führe ich hier folgende an:

Der Boden ist frei von stickstoffhaltigem Material; die Töpfe sind vor Regen geschützt und außer den betreffenden salpetersauren Verbindungen mit den nothwendigen mineralischen Stoffen gedüngt. Die übrigen Angaben und die Resultate sind auf der folgenden Tabelle (pag. 114) zusammengestellt.

γ. Die Versuche über das Wachstum von Pflanzen in wässerigen Lösungen.

Bei den jetzt bereits so zahlreichen Versuchen über das Wachstum von Pflanzen in wässerigen Lösungen, welchen wir

Der Stickstoff.

Samenart	Düngung in Bezug auf den Stickstoff	Datum		Gewicht des Saamens	Gewicht der wasserfreien Ernte	Die Ernte verhält sich somit zur Saat:	Daragebotener Stickstoff			Stickstoff der Ernte	Gewinn oder Verlust an Stickstoff	Bemerkungen
		ber Saamenssaat	ber Ernte				im Dünger	im Samen	in Summe			
1 Lupinen	Reine	10. Mai	2. Aug. 1855	0,302	1,415	1 : 5	—	0,0170	0,0170	0,0166	+ 0,0035	Im Boden noch an Stickstoff 0,0089 Grm. Die pflanze 14 Centim. hoch, mit 14 Blättern.
2 Sonnenblumen	Reine	10. Mai	22. Aug. 1855	0,068	0,325	1 : 5	—	0,0021	0,0021	0,0022	+ 0,0033	Im Boden noch 0,0082 Grm. Stickstoff; Höhe 6—8 Grm., jede pflanze hat 2 Blätter.
bito	1,11 Grm. Salpeter	10. Mai	22. Aug. 1855	0,062	6,685	1 : 108	0,1536	0,0019	0,1555	0,1126	+ 0,0023	Im Boden noch 0,0452 Grm. Stickstoff; Höhe 50 u. 72 Grm.; 15 und 17 Blätter.
21 Krebsefasern	Reine	21. Aug.	7. Oct. 1853	0,11	0,11	2 : 7	—	0,0025	0,0025	0,0016	+ 0,0021	Im Boden noch 0,0030 Grm. Stickstoff; im Saamen 12 pflanzten.
10 bito	Stark gehungstr Boden; Garten erde	21. Aug.	7. Oct. 1853	1,580	1,580	1 : 70	—	—	—	—	—	Die pflanzten in der Blüte geerntet; 10 pflanzten.
16 bito	0,216 Salp. tronsalpeter	21. Aug.	9. Oct. 1859	0,831	0,831	1 : 22	0,0357	0,0019	0,0376	0,0254	— 0,0034	Im Boden noch 0,0088 Grm. Stickstoff; 16 pflanzten, welche gepflößt hatten.

so viele Aufklärungen über die Ernährung verdanken, ist in sehr vielen Fällen der Stickstoff in Form von salpetersauren Salzen gegeben worden. Die meisten dieser Versuche mit verschiedenen Pflanzen haben die Salpetersäure als eine vorzügliche Stickstoffquelle erkennen lassen, da vollständig entwickelte Pflanzen erhalten wurden. Wir nennen hier nur die Versuche von Knop, Stohmann, Nobbe, Hampe, Beyer, W. Wolf, C. Wolff und Wagner, und verweisen in Betreff speciellerer Angaben auf das Kapitel „die Pflanzen und ihre Aschenbestandtheile.“

§ 38.

d. Wird die Salpetersäure als solche von der Pflanze aufgenommen, oder findet vor ihrer Aufnahme erst eine Verwandlung in Ammoniak statt?

Indem ich hier von der Ansicht Kuhlmann's, für welche derselbe weiter keinen Beweis liefert, absehe, nach welcher nämlich die Salpetersäure vor ihrer Aufnahme in Ammoniak verwandelt werde, führe ich gleich einen von Grouven gelieferten Beweis an, welcher mit Bestimmtheit das Gegentheil darthut.

Grouven versetzte humose Erde, deren Ammoniak-Gehalt vorher bestimmt war, mit einer gewogenen Menge Chilisalpeter, hielt die Erde feucht und warm und bestimmte darauf nach 4 bis 12 Wochen wiederum den Ammoniak-Gehalt der Erde. Die Resultate dieser Versuche sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Dauer des Versuchs	Humusgehalt der Erde %	Stickstoffgehalt derselben	Ammoniakgehalt derselben	Menge des hinzugefügten Chilisalpeters	Stickstoff in demselben	Ammoniakgehalt d. Erde nach dem Versuche	Gesamtstickstoffgeh. d. Erde nach d. Versuche	Verlust an Ammoniak
1855 10. Mai bis 2. Juni	22,08	0,901	0,118	2,00	0,328	0,0987	1,217	0,0193
10. Mai bis 9. August 1856	22,08	0,901	0,118	4,00	0,656	0,0883	1,530	0,0297
30. Juli bis 30. August	58,14	1,700	0,182	3,17	0,529	0,1720	2,215	0,010

Aus diesen Versuchen schließt Grouven mit Recht, daß die Salpetersäure der salpetersauren Salze als solche aufge-

Der Stickstoff.

Name der Samen	Düngung in Bezug auf den Stickstoff	Datum		Gewicht d. wasserfreien Ernte	Die Misch- faat ver- hält sich zur Ernte wie:	Dargebotener Stickstoff		Stickstoff in Summa	Stick- stoff der Ernte	Gewinn oder Verlust von Stickstoff
		ber Mischfaat	ber Ernte			im Dün- ger	im Sa- men			
30 Röhren Sommerweizen	Reine	1852	6. Septbr. 1855	14,07	—	—	0,029	0,029	0,065	+0,036
		1856	12. Juli 1856	7,84	—	—	0,021	0,021	0,057	+0,036
20 Röhren Sommerweizen	Reine	1856	2. April	5,02	1:200	0,0692	0,0013	0,0705	0,068	—0,0025
			13. Juli	4. Oktober 1855	15,30	1:493	0,1384	0,0015	0,1399	0,374
8 Röhren Wintertraps	1 Grm. Salpeter	1856	7. Januar	10,77	1:347	0,1384	0,0013	0,1395	0,192	+0,0523
			1 Grm. Salpeter	2. Mai 1856	26,9	—	0,110	0,021	0,131	0,218
20 Röhren Sommerweizen	0,792 Grm. Salpeter	1856	9. April	26,9	—	0,110	0,021	0,131	0,218	+0,087
			13. August 1856	26,52	—	0,110	0,021	0,131	0,224	+0,093
bito	1,795 Grm. Salpeter	1856	"	26,87	—	0,274	0,016	0,260	0,261	+0,001
			"	25. Juni 1856	41,565	—	0,274	0,016	0,260	0,350
bito	1,795 Grm. Salpeter	1856	13. August 1856	8,13	—	—	0,021	0,021	0,058	+0,037
			Reine 0,792 Grm. Salpeter	1856	26,71	—	0,110	0,021	0,131	0,221

nommen werde, denn ginge der Aufnahme derselben eine Umwandlung in Ammoniak vorher, so müßten im Boden die Bedingungen für eine solche vorhanden sein. Wir sehen aber bei diesen Versuchen, bei denen die Bedingungen zur Bildung von Ammoniak überaus günstige waren, trotzdem dasselbe nicht entstehen, was zu beweisen scheint, daß überhaupt im Boden eine Umwandlung der Salpetersäure in Ammoniak nicht stattfindet.

Zu demselben Schlusse, d. h. daß die Salpetersäure direkt als Stickstoffquelle der Pflanzen diene, sind Boussingault und Villet durch die oben beschriebenen Versuche gelangt; die salpetersauren Salze übten hier eine äußerst günstige Wirkung auf die Vegetation aus, ohne daß die Verhältnisse einer Umkehrung der Salpetersäure in Ammoniak, irgendwie günstig gewesen wären.

Einen ferneren sehr wichtigen Beweis haben Hofäus, Frühling und Grouven, Fr. Schulze, H. Wulfert und E. Schulze durch den Nachweis geliefert, daß die Salpetersäure in den meisten Pflanzen in den verschiedenen Entwicklungsstufen vorhanden ist. Von diesen Untersuchungen führen wir im Folgenden die von Frühling und Grouven und die von H. Wulfert an, wobei wir in aller Kürze die angewendeten Methoden angeben.

Frühling und Grouven untersuchten eine Anzahl von Pflanzen in verschiedenen Stadien der Entwicklung auf Salpetersäure. Die frischen Pflanzen wurden einem normal bestandenen, größeren Ackerstücke entnommen und zwar zu 3 verschiedenen Perioden: 1. vor der Blüthe; 2. während der Blüthe; 3. kurz vor der Reife. Sämmtliche Pflanzen wurden dicht über der Erde abgeschnitten und auf die Wurzeln und Rhizome nirgends Rücksicht genommen, da sie, mit Ausnahme der Zuckerrübe und der Kartoffel, stets im Boden verbleiben. Sämmtliche Pflanzen sind im heutrockenen Zustande zur Analyse verwendet, welche in der Art ausgeführt wurde, daß die Pflanzensubstanz mit 50 % Alkohol extrahirt, der erhaltene Extrakt fast kochend eingedampft, dann mit Weßkalk, in Form eines flüssigen Breies versetzt, der entstandene Niederschlag abfiltrirt, das Filtrat mit reiner Kohlensäure behandelt, gekocht und darauf der erhaltene Niederschlag durch Filtration von der Lösung getrennt und in dieser nach der Methode von Schlösing die Salpetersäure bestimmt wurde. Zur Gewinnung der alkoholischen Extrakte sind stets große Mengen Trockensubstanz verwendet (100 bis 700 Grm.).

Die gewonnenen Resultate zeigt die folgende Tabelle, auf welcher zugleich noch der Gesamtstickstoff verzeichnet ist.

Die lufttrockne Pflanze enthielt in Procenten :

	Gesamtnitckstoff			Salpetersäure		
	Periode	Periode	Periode	Periode	Periode	Periode
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Rothklee	3,3906	3,2449	1,5961	0,0061	0,0042	0,0031
Espartette	3,5338	3,0359	2,0308	0,0017	0,0010	Spur
Luzerne	3,4626	3,0616	—	0,0043	0,0034	—
Weizen	1,8763	1,7356	1,2123	0,0043	0,0076	0,0015
Roggen	3,5298	1,6445	0,8502	0,0039	0,0223	0,0026
Hafer	3,3128	1,3954	1,0606	0,0449	0,0121	0,0068
Gerste	2,4818	1,9565	1,7128	0,0209	0,0736	0,0191
Kartoffelkraut	4,0147	3,8025	3,0159	0,5500	0,1040	0,3902
Rübenblätter	4,0998	3,7589	3,4622	0,5972	1,6023	0,2821
Mais	3,7054	1,9142	1,3297	0,5512	0,1061	0,0435
Erbsen	—	—	2,4077	—	—	0,0047
Linfen	—	1,7780	1,6129	—	0,0020	Spur

Wulfert kochte die gut gereinigte bei 100° C. im Wasserbade getrocknete und darauf zerriebene Pflanzenmasse mit wenig Kalkmilch und Wasser und wusch dieselbe alsdann auf dem Filter bis zur Erschöpfung aus. Die vereinigten Auszüge wurden im Wasserbade bis auf 30—40 Ccm. eingedampft, nochmals filtrirt und ausgewaschen, das erhaltene Filtrat mit Salzsäure bis zur schwachen Uebersättigung versetzt und darauf die Bestimmung der Salpetersäure nach der von Franz Schulze in der Art veränderten Schlösing'schen Methode vorgenommen, daß schließlich nicht die Salpetersäure, sondern das Stickstoffoxydgas bestimmt wurde. Diese Methode ist durch eine Anzahl Controlbestimmungen geprüft.

Auf der folgenden Tabelle sind die gewonnenen Resultate zusammengestellt.

Namen der Pflanzen	Standort	Datum	Gewicht der Trockensubstanz	Gas in Ccm. bei 1000 Mm. und 0° C.	Salpeter=saures Kali in Grm.	Salpeter=saures Kali in Proc.
Ranunculus Ficaria	Gaebge's Garten	3./5.	1,000	0,432	0,00257	0,257
Plantago media	do.	3./5.	1,000	0,2066	0,00122	0,122
do.	do.	14./5.	1,44	0,796	0,00474	0,328
do.	do.	17./5.	0,866	0,168	0,00010	0,115
do.	do.	21./5.	0,941	Spuren	—	—
Blattrippen von Plantago	do.	1./6.	0,6095	0,535	0,00318	0,522
Blattsubstanz von Plantago	do.	1./6.	1,198	Spuren	—	—
Chelidonium majus	do.	3./5.	0,7935	0,4084	0,00243	0,306
do.	do.	10./5.	1,0732	0,765	0,00455	0,424
do.	do.	3./5.	1,075	—	—	—
Alliaria officinalis	do.	3./6.	1,1955	1,357	0,00807	0,675
Chaerophyllum bulbosum	do.	3./5.	0,9595	2,598	0,01546	1,611
do.	do.	11./5.	1,596	0,578	0,00344	0,215
Blattrippe von Leontodon taraxacum	do.	1./6.	0,894	3,474	0,02067	2,312
Blattsubstanz von Leontodon taraxacum	do.	1./6.	0,799	0,559	0,00333	0,416
Carduus crispus	Jugend=Pfad	5./5.	1,4295	4,559	0,02731	1,898
do.	do.	10./5.	1,322	12,655	0,07531	5,696
do.	Gaebge's Garten	18./5.	0,776	2,514	0,01496	1,928
do.	do.	19./5.	0,5415	2,576	0,01533	2,831
do.	Friedr.=Granz=Str.	21./5.	1,8175	27,8806	0,16592	9,129
do.	do.	23./5.	0,921	16,108	0,09586	10,408
do.	Gaebge's Garten	23./5.	0,436	0,997	0,00593	1,360

Namen der Pflanzen	Standort	Datum	Gewicht der Trocken- substanz	Gas in Ccm. bei 1000 Mm. und 0° C.	Salpeter= saures Kali in Gm.	Salpeter= saures Kali in Proc.
<i>Carduus crispus</i>	Haedge's Garten	25./5.	0,4835	1,413	0,00841	1,739
do.	Jugend-Pfad	3./6.	0,8195	5,665	0,03371	4,113
Knospen von <i>Acer pseudo-platanus</i>	Haedge's Garten	5./5.	1,2947	0,180	0,00107	0,082
<i>Acer pseudo-platanus</i> Blütenblätter	do.	17./5.	2,110	0,409	0,00243	0,115
do.	do.	17./5.	1,831	0,535	0,00318	0,173
do.	do.	1./6.	1,556	0,356	0,00212	0,136
<i>Acer campestre</i> , Früchte	Jugend-Pfad	10./5.	1,466	0,183	0,00109	0,074
do. Blätter	do.	10./5.	1,2267	0,247	0,00146	0,119
<i>Adoxa moschata</i> lina	Münchsweden	5./5.	1,3015	0,541	0,00322	0,247
<i>Convolvulus arvensis</i>	Jugend-Pfad	5./5.	1,277	1,028	0,00612	0,479
do. Blätt. u. Blattstf.	do.	14./5.	1,081	1,317	0,00784	0,715
do. Stengel	do.	14./5.	1,081	0,712	0,00424	0,391
do. ganze Pflanze	do.	27./5.	0,6335	0,908	0,00540	0,852
do. Blätter ohne Blattstiele	do.					
do. Stengel und Blattstiele	do.	3./6.	1,5895	0,647	0,00385	0,242
<i>Tussilago farfara</i>	do.	3./6.	0,453	0,567	0,00337	0,744
<i>Ulmus campestris</i> , Blätter	Haedge's Garten	7./5.	1,1582	0,11	0,00065	0,056
do. Früchte	Jugend-Pfad	7./5.	1,611	1,086	0,00646	0,401
<i>Humulus lupulus</i>	do.	7./5.	0,878	Spuren	—	—
do.	Haedge's Garten	7./5.	1,850	1,001	0,00596	0,322
	do.	25./5.	0,817	0,473	0,00281	0,344

Namen der Pflanzen	Standort	Datum	Gewicht der Trocken-Substanz	Gas in 1000 Mm. und 0 ° C.	Salpeter-saures Kali in Grm.	Salpeter-saures Kali in Proc.
<i>Senecio vulgaris</i>	Haedtge's Garten	7./5.	1,4895	3,183	0,01894	1,271
do.	do.	28./5.	1,17	0,84	0,04999	0,427
<i>Lamium rubrum</i>	do.	10./5.	0,99	1,657	0,00986	0,996
<i>Lamium album</i> , Blätter	do.	10./5.	1,3545	2,2	0,01309	0,966
do., Stengel	do.	10./5.	1,546	3,367	0,02004	1,296
<i>Carduus nutans</i>	bei der Fährre	10./5.	0,746	5,819	0,03463	4,642
<i>Symphytum offic.</i> , Blätter	Haedtge's Garten	11./5.	1,726	1,059	0,00630	0,365
do.	do.	17./5.	0,751	0,281	0,00167	0,222
do.	do.	17./5.	1,035	Spuren	—	—
<i>Triticum vulgare</i>	bei der Fährre	14./5.	1,212	1,0343	0,00615	0,507
<i>Secale cereale</i>	bei Steinbeck's Keller	16./5.	1,679	1,341	0,00798	0,475
<i>Corydalis nobilis</i>	Haedtge's Garten	16./5.	1,4265	1,448	0,00862	0,604
<i>Archangelica officinalis</i>	bei der Fährre	16./5.	1,869	0,466	0,00277	0,148
do.	Haedtge's Garten	16./5.	0,9825	0,613	0,00365	0,371
<i>Rubus polymorphus</i>	Fugend-Wfad	16./5.	0,658	0,05	0,00625	0,949
<i>Solanum tuberosum</i>	beim Kirchhof	16./5.	0,9275	0,678	0,00403	0,435
do.	do.	23./5.	1,0265	9,181	0,05464	5,322
do.	do.	1./6.	1,6405	10,311	0,06136	3,740
<i>Hordeum vulgare</i>	do.	16./5.	1,019	1,829	0,01088	1,068
do.	do.	23./5.	0,805	1,006	0,00598	0,743
do.	do.	1./6.	1,7805	2,704	0,01609	0,903
<i>Glechoma hederacea</i>	Haedtge's Garten	17./5.	0,3635	0,241	0,00143	0,394

Namen der Pflanzen	Standort	Datum	Gewicht der Trockensubstanz	Gas in Ccm. bei 1000 Mm. und 0° C.	Salpetersaures Kali in Ccm.	Salpetersaures Kali in Proc.
<i>Glechoma hederacea</i>	Haedge's Garten	18./5.	0,652	1,347	0,00801	1,229
do. Blätter u. Blattstf.	do.	19./5.	0,725	1,231	0,00732	1,01
do. Stengel	do.	19./5.	0,5415	1,434	0,00853	1,576
do. "	do.	21./5.	0,641	1,132	0,00673	1,05
do. "	do.	25./5.	0,427	1,088	0,00647	1,516
<i>Conium maculatum</i>	do.	17./5.	0,5585	0,254	0,00151	0,270
do.	do.	18./5.	0,7435	0,416	0,00247	0,332
do.	do.	19./5.	1,761	0,763	0,00454	0,257
do.	do.	19./5.	0,933	1,122	0,00668	0,716
do.	do.	25./5.	0,933	0,472	0,00281	0,301
<i>Arcetium Lappa</i>	am Laboratorium	19./5.	0,736	1,405	0,00836	1,136
do.	do.	1./5.	1,294	3,7606	0,00224	1,729
<i>Tussilago Petasites</i> , Blattrippen	Haedge's Garten	19./5.	0,9295	23,071	0,13730	14,771
do. Blattsubstanz	do.	19./5.	0,815	Spuren	—	—
do. Blattrippen	do.	23./5.	0,5105	1,408	0,00838	1,641
do. Blattsubstanz	do.	23./5.	0,254	Spuren	—	—
do. Blattrippen	Bahnhof	28./5.	1,879	0,356	0,00212	0,112
do. Blattsubstanz	do.	28./5.	1,109	Spuren	—	—
do. Blattrippen	Friemann's Garten	3./6.	0,742	1,246	0,00741	0,999
do. Blattsubstanz	do.	3./6.	1,275	Spuren	—	—
<i>Vicia faba</i>	am Kirchhof	25./5.	1,252	0,520	0,00309	0,247
<i>Achillea millefolium</i>	Jugend-Pfad	27./5.	0,692	Spuren	—	—

Namen der Pflanzen	Standort	Datum	Gewicht der Trocken-Substanz	Gas in Ccm. bei 1000 Mm. und 0° C.	Salpeter-saures Kali in Grm.	Salpeter-saures Kali in Proc.
<i>Achillea millefolium</i> Blattrippen	Jugend-Pfad	3./6.	0,465	0,777	0,00462	0,994
do. Blattsubstanz	do.	3./6.	0,675	Spuren	—	—
<i>Veronica chamaedrys</i> , Stengel	Häedge's Garten	27./5.	0,809	"	—	—
do. Blätter	do.	27./5.	0,984	"	—	—
<i>Capsella bursa pastoris</i> , Früchte	do.	28./5.	1,29	"	—	—
do. Blätter	do.	28./5.	0,775	"	—	—
<i>Geranium lucidum</i>	do.	28./5.	1,2045	"	—	—
<i>Rumex maximus</i> , Blattsubstanz	do.	28./5.	0,6103	0,668	0,00397	0,651
do. Blattrippen	do.	28./5.	0,6505	0,882	0,00525	0,806
<i>Cochlearia armoracia</i> , Blattsubstanz	do.	28./5.	1,2	1,397	0,00831	0,693
do. Blattrippen	do.	28./5.	1,471	7,281	0,04333	2,945
<i>Ranunculus acris</i>	do.	28./5.	0,345	2,077	0,01236	1,462
<i>Alsine media</i>	do.	28./5.	1,709	1,931	0,01149	0,672
<i>Malva rotundifolia</i>	do.	1./6.	1,1	1,1506	0,00685	0,622
<i>Artemisia vulgaris</i>	Jugend-Pfad	3./6.	1,3865	0,746	0,00444	0,320

Dies Vorkommen der Salpetersäure in den meisten Pflanzen (vor den Untersuchungen von Hofäus waren nur einige Pflanzen, wie Tabak, Borretsch u. s. w. bekannt, in denen sie gefunden war) unterstützt die übrigen Beweise für die direkte Aufnahme derselben auf's schönste, denn sonst müßte die Salpetersäure zuerst im Boden in Ammoniak und dann wieder in der Pflanze in Salpetersäure verwandelt werden.

Daß die Verwandlung von Salpetersäure in Ammoniak im Culturboden nicht stattfindet, ist vorher dargethan, ebenso wenig besitzen die Pflanzen im Allgemeinen das Vermögen, diese Umwandlung zu bewerkstelligen, wie dies von Desmarest nachgewiesen ist.

Desmarest ließ Borretsch, Sonnenblume u. s. w. — Pflanzen, welche Salpetersäure enthalten, in Boden, welche frei von salpetersauren Salzen waren, wachsen und fand, daß die Pflanzen keine Salpetersäure enthielten und schlecht vegetirten, was somit beweist, daß die Pflanzen nicht die Fähigkeit besitzen, Salpetersäure zu bilden.

Ich verweise weiter auf die Arbeiten von Hofäus in einem der nächsten Paragraphen.

3. Rührt der Stickstoff der Pflanzen vom Ammoniak her?

§ 39.

Bevor wir auf die Beantwortung dieser Frage näher eingehen, ist es auch hier nothwendig, erst die Entstehungsweise und das Vorkommen des Ammoniak zu untersuchen.

1. Quellen des Ammoniak.

a. Zersetzung stickstoffhaltiger, organischer Körper, — Pflanzen — Thiere. —

Bei der freiwilligen Zersetzung pflanzlicher und thierischer Stoffe bildet sich aus dem Stickstoff derselben Ammoniak, resp. Salpetersäure; je günstiger die Bedingungen für die Entstehung letzterer sind — Gegenwart starker Basen, Wärme und freier Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs —, um so größer ist die Menge der entstehenden Salpetersäure; im entgegengesetzten Falle bildet sich um so mehr Ammoniak.

Leider geht aber nicht aller Stickstoff aus der gebundenen Form, in welcher er sich in den organischen Körpern befindet, wieder in gebundene Form — Ammoniak, Salpetersäure — über, sondern ein Theil und zwar je nach den Verhältnissen ein kleinerer oder größerer, wird als solcher frei, wie dies die Untersuchungen von Reiset, Wille, Lawes, Gilbert und Pugh,

J. König und J. Kiesel dargethan haben. Diese Thatsache ist von ganz außerordentlicher Wichtigkeit und führt uns nothwendiger Weise zu der Annahme, daß andererseits auf irgend eine Weise ungebundener Stickstoff in gebundenen übergeführt werden muß. Wir wissen jetzt, daß die Pflanzen den Stickstoff nur in gebundener Form aufnehmen können, wir wissen ferner, daß die Thierwelt — direkt oder indirekt — allein von der Pflanzenwelt lebt. Da nun beim Absterben der Pflanzen- und Thierwelt der in derselben befindliche Stickstoff nicht sämmtlich in gebundener Form austritt — in welchem Falle derselbe einen fortwährenden Kreislauf machen würde —, so folgt hieraus, daß entweder die Pflanzen- und so auch die Thierwelt sich beständig verringern oder, was oben schon ausgesprochen ist, daß auf irgend eine andere Weise der freie Stickstoff der Atmosphäre mit in den Kreislauf des gebundenen Stickstoffs hineingezogen werden muß. Da die erste Folgerung der Begründung durchaus ermangelt, so ist die andere die allein richtige. Wir haben bei der Salpetersäure den Beweis für diese Folgerung durch die schönen Arbeiten Schönbein's erhalten.

Nach Reiset enthält nämlich die Luft, welche man über stickstoffhaltige, faulende Körper — er wandte Pferdemist, gemischten Dung, Ochsenfleisch u. s. w. an — je nach der Natur der Substanzen, ihrer Vertheilung und der Menge des mit ihnen in Berührung gebrachten Sauerstoffs 1,59 bis 14,3 Volumenprocente Stickstoff mehr als die normale atmosphärische Luft. Am bedeutendsten war die Entwicklung von Stickstoff beim Faulen von Dungstoffen unter Wasser. Reiset stellte im Ganzen 12 Versuche an.

Von den von Wille in dieser Richtung gemachten Versuchen, welche zu demselben Resultate führten, führe ich folgenden an:

Wille setzte am 20. März 1855 zu 1000 Grm. geglühtem Sande 4,015 Grm. gepulverte Lupinensamen, mit einem Stickstoffgehalte von 0,238 Grm. und hielt den Sand bis zum 10. Juli fortwährend feucht, wo der Versuch beendet wurde. Bei der Untersuchung ergab sich, daß

0,058 Grm. Stickstoff in Form von Ammoniak

und 0,087 " " " " Stickstoff

frei geworden, während im Sande noch 0,093 Grm. verblieben waren.

Wille nimmt hierbei an, daß Salpetersäure nicht gebildet sei. Ein zweiter Versuch ergab dasselbe Resultat.

Ich kann hier nicht unerwähnt lassen, daß Wille in dieser Thatsache wieder einen Beweis für die Assimilation des freien Stickstoffs durch die Pflanzen findet. Er hatte nämlich zugleich Versuche mit Weizen in ausgeglühtem Sande, dem die nothwendigen Aschenbestandtheile und als Stickstoffquelle Lupinensamen zugesetzt waren, angestellt und gefunden, daß die erzielten Pflanzen eine größere Menge Stickstoff enthielten, als der Stickstoff betrug, welcher in den Samen und der, welcher nach dem obigen Versuche bei der Ferkung der Lupinensamen unter den genannten Verhältnissen in Form von Ammoniak frei wird. Hieraus schloß er, daß dieses Plus von der Aufnahme von freiem Stickstoff herrühren müsse.

Gegen diese Folgerung Wille's ist zunächst anzuführen, daß auch bei äußerlich scheinbar gleichen Verhältnissen die Zersetzung organischer Körper nicht immer gleich vor sich geht; dann ist aber wieder nicht abzusehen, weshalb dieses Plus nicht von dem gebundenen Stickstoff der Atmosphäre her-rühren soll.

Laves und Gilbert brachten ähnlich wie Wille gepulverten Getreidesamen mit geglühtem Boden, oder geglühtem Bimstein und Wasser zu einem Brei angerührt in Flaschen von ungefähr 360 Ccm. Inhalt und verschlossen dieselben mit einem doppelt durchbohrten Kork. Durch das eine Glasrohr trat von gebundenem Stickstoff befreite atmosphärische Luft in die Flasche, das andere Glasrohr führte die austretende Luft durch eine Oxalsäurelösung und dann durch verdünnte Schwefelsäure, wodurch das während der Zersetzung gebildete Ammoniak bestimmt wurde. Salpetersäure war bei keinem Versuche in der gefaulten Masse nachzuweisen.

Von den durch diese Versuche gewonnenen Resultaten führe ich die folgenden an:

Verwendete Substanzen				Total-Stickstoff		
Getreide	Form desselben	Zusatz von	Zusatz von Wasser in Ccm.	Vor der Zersetzung Grm.	Nach der Zersetzung Grm.	Verlust in Procenten
1. Weizen	a. 171 Samen	gegl. Boden	50	0,1392	0,1398	+0,43
	b. 171 "	"	100	0,1396	0,1214	13,08
	c. Mehl	gegl. Bimstein	40	0,1709	0,1680	1,74
2. Gerste	a. 163 Samen	gegl. Boden	50	0,1247	0,0746	40,20
	b. 163 "	gegl. Bimstein	100	0,1261	0,1052	16,62
	c. Mehl	gegl. Boden	40	0,1390	0,1311	5,66
3. Bohnen	a. 7 Samen	gegl. Boden	50	0,2417	0,2107	12,84
	b. 7 "	gegl. Bimstein	100	0,2704	0,2380	11,96
	c. Mehl	gegl. Boden	40	0,2581	0,2367	12,16

Diese Zahlen zeigen einen Verlust von 0—40,2%

König und Kiefow wandten dasselbe Verfahren, wie Laves und Gilbert an, benutzten aber als stickstoffhaltige Substanz Knochenmehl und Fleisch, sowie ein Gemisch von Knochenmehl und Boden. Bei einigen Versuchen wurde ferner noch gebrannter Gyps zugesetzt, anfänglich um so jedem Verluste vorzubeugen.

Die folgende Tabelle (pag. 125) zeigt die gewonnenen Resultate:

Diese Versuche bestätigen die von den früheren Forschern erlangten Resultate, daß bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Stoffe ein größerer oder geringerer Theil des Stickstoffs sich im freien Zustande entbindet, oder doch in einer Form fortgeht, in welcher derselbe als für den landwirthschaftlichen Betrieb einstweilen verloren angesehen werden muß.

Besonderes Interesse bieten diese Versuche noch dadurch, daß sie einerseits zeigen, daß bei der Zersetzung stickstoffhaltiger

Stoffe mit Boden kein Verlust von freiem Stickstoff oder nur ein geringer stattfindet, und andererseits, daß Gyps bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Stoffe einer Entbindung von freiem Stickstoff unter Umständen vorzubeugen im Stande ist.

Versuch und Dauer desselben	Angewendetes Material	Stickstoffmenge		Mehr (+) od. wenig. (—) wieder erhalt. in %	Stickst. i. Form von Ammoniak nach d. Zersetzung in %
		vor der Zersetzung Grm.	nach der Zersetzung Grm.		
Dauer vom 14. Juni bis 2. Nov. 1871	1. Knochenmehl	20,910	19,259	—7,87	50,74
	2. Boden und Knochenmehl	13,863	13,904	+0,29	54,75
Dauer vom 4. Jan. bis 21. Mai 1872	1. Knochenmehl mit Gyps	17,185	17,244	+0,34	51,79
	2. Fleisch mit Gyps	18,023	18,068	+0,25	60,88
	3. Boden und Knochenmehl	12,281	12,309	+0,23	45,85
Dauer vom 13. Jan. bis 26. Sept. 72	1. Knochenmehl ohne Gyps	20,530	19,668	—4,19	69,30
	2. do. mit Gyps	20,530	20,571	+0,19	62,28
	3. Fleisch ohne Gyps	18,340	17,919	—2,29	68,37
	4. do. mit Gyps	18,340	18,355	+0,98	73,49
	5. Boden und Knochenmehl	14,275	14,208	—0,47	49,69

b. Eine weitere Quelle

für die Bildung von Ammoniak besteht in der schon oben speciell erwähnten Entdeckung Schönbein's, nach welcher sich bei der Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger Körper u. s. w. salpetrig-saures Ammoniak bildet.

Es sind dies die beiden einzigen Quellen, welche wir bis jetzt mit Sicherheit für die Bildung von Ammoniak auführen können.

Von Mulder und Anderen sind zwar noch andere genannt worden, jedoch sind die Beweise für dieselben, wie die folgende Betrachtung zeigen wird, durchaus nicht als stichhaltig anzusehen.

§ 40.

c. Widerlegungen der Angaben, daß Wasserstoff im statu nascente das Vermögen besitze, sich mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak zu verbinden.

Nach Mulder besitzt der Wasserstoff im statu nascente das Vermögen, sich mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft

zu Ammoniak zu verbinden. Diese Ansicht wurde durch die Thatsache unterstützt, daß nach den Untersuchungen Boussingault's die Eisenerze in den Urgebirgen Südamerika's, sowie nach Berzelius die von Schweden nachweisbare Mengen von Ammoniak enthalten. Andererseits ist aber von Bracconnot nachgewiesen, daß nicht nur Eisenerze, sondern auch Basalte, Granite, Syenite, Quarze, Amphibole und eine Menge anderer Felsarten bei der trockenen Destillation Wasser abgeben, welches deutlich nachweisbare Mengen von Ammoniak enthält.

Bei den Eisenerzen erklärte man den Ammoniak-Gehalt dadurch, daß man sagte, das Eisen zersehe das Wasser, eigne sich den Sauerstoff desselben an, und der so frei werdende Wasserstoff verbinde sich mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft zu Ammoniak.

α. Mulder's Beweise.

Mulder führt für seine Ansicht folgende Beweise an:

Bringt man in ein Glasgefäß, welches mit Luft gefüllt ist, etwas Eisenseile und Wasser und klemmt in den Hals des verschlossenen Gefäßes rothes Lackmuspapier ein, so bemerkt man bald, daß das Papier in Folge von gebildetem Ammoniak gebläuet wird. Das Ammoniak soll hierbei auf die oben angegebene Weise entstanden sein. Mulder führt dann noch an, daß sich in ähnlicher Weise überall da Ammoniak bildet, wo Stickstoff mit Wasserstoff im statu nascente zusammentrifft, so z. B. in der Ackerkrume. Er giebt für diese Entstehung des Ammoniak dann noch folgenden Beweis: Kommt reines Schwefelwasserstoffgas und reine atmosphärische Luft bei gewöhnlicher Temperatur mit Kohle, welche vorher mit Salzsäure befeuchtet war, zusammen, so bildet sich Ammoniak, indem, wie Dumas gezeigt hat, der Sauerstoff der Luft den Schwefel des Schwefelwasserstoffs zu Schwefelsäure oxydirt und der so frei werdende Wasserstoff sich mit dem Stickstoff zu Ammoniak vereinigt.

Dies zeigen nach Mulder folgende Versuche von Altheer: Als über 0,12 Pfd. Holzkohle, mit 0,5 Pfd. Wasser und 0,025 Pfd. Salzsäure befeuchtet, 10 Kubikdecimeter schwefelwasserstoffhaltige Luft innerhalb 3—4 Stunden geführt waren, wurden im Gefäße 0,0308 Grm. Ammoniak gefunden. Bei einem zweiten Versuche, wo 0,3 Pfd. Holzkohle mit 0,35 Pfd. Wasser und 0,07 Pfd. Salzsäure befeuchtet waren, war kaum eine Spur von Ammoniak nachweisbar; während dann wieder bei einem dritten Versuche, bei dem die Verhältnisse, wie bei 2, 0,053 Grm. Ammoniak entstanden waren. Holzkohle, Wasser, Salzsäure und atmosphärische Luft sollen frei von Ammoniak gewesen sein.

β. Widerlegung der Mulder'schen Beweise.

Was zunächst den ersten Beweis Mulder's für die Bildung von Ammoniak aus Stickstoff und nascirendem Wasserstoff anbetrifft, so ist dieser Versuch unter Andern von Le Boir wiederholt worden, und in dem Falle, wo gewöhnliches destillirtes Wasser genommen war, bestätigt gefunden wor-

den. Darauf wurde das Wasser nochmals mit Schwefelsäure destillirt und dann mit in Leuchtgas ausgeglühter Eisenfeile zusammengebracht, auch jetzt zeigte sich beim Roften des Eisens noch eine alkalische Reaction. Als aber dies Wasser, nachdem die Eisenfeile längere Zeit in demselben gerostet hatte, abermals mit in Leuchtgas ausgeglühter Eisenfeile einige Tage stand, trat keine alkalische Reaction mehr auf. Das Freierwerden von Ammoniak erklärt sich hier einfach daraus, daß in dem destillirten Wasser stets etwas Ammoniak enthalten ist, welches durch das sich bildende Eisenoxyd frei gemacht wird, denn dieses hat, wie Le Boir zeigt, im Augenblicke des Entstehens das Vermögen, Alkalien aus ihren Verbindungen auszutreiben.

Beim Roften des Eisens kann aber gar kein Ammoniak nach der Mulder'schen Erklärung gebildet werden, weil wie Marshall Hall dargethan hat, beim Roften des Eisens bei gewöhnlicher Temperatur überhaupt kein Wasser zerlegt, also auch kein Wasserstoff frei wird. Dies ist von v. Liebig und Will bestätigt worden; letzterer hat ferner auf's bestimmteste nachgewiesen, daß aus dem Stickstoff der atmosphärischen Luft bei Gegenwart von Eisen oder andern sich oxydirenden Stoffen und Wasser, kein Ammoniak gebildet wird.

Was ferner die von Mulder angeführte Entstehung von Ammoniak in der Ackerkrume und den hier freierwährenden Wasserstoff (?) anbetrifft, so sind hierüber von Fr. Schulze mehrere Versuche angestellt worden, welche aber alle zum entgegengegesetzten Resultate geführt haben.

Schulze brachte verwesenden Humus in abgeschlossene Gefäße mit atmosphärischer Luft, konnte aber bei mehrfacher Wiederholung des Versuchs nie ein Verschwinden von Stickstoff beobachten. Er operirte hierbei mit den verschiedenartigsten in Verwesung begriffenen Substanzen und modificirte die Versuche in der Art, daß er theils noch alkalische Stoffe beimgengte, theils den verschwundenen Sauerstoff vergleichsweise ersetzte, nie aber konnte er ein Verschwinden von Stickstoff, also eine Bindung desselben wahrnehmen.

Als einziger Beweis für die von Mulder angenommene Entstehung von Ammoniak aus nascirendem Wasserstoff und Stickstoff bleiben demnach die von Ultheer mitgetheilten Versuche; eine große Beweisraft besitzen dieselben aber ebenfalls nicht, da unter ganzen gleichen Verhältnissen bei einem Versuche kein Ammoniak, bei einem andern dasselbe gefunden worden ist. Wäre aber auch hierdurch wirklich der sichere Beweis geliefert, daß Wasserstoff im statu nascente sich mit dem atmosphärischen Stickstoff verbinden kann, so hätten wir hierin doch nur eine sehr beschränkte Quelle für die Bildung von Ammoniak, da, wie die obigen Thatsachen darthun, die von Mulder angeführten Ursachen für die Entstehung von Wasserstoff im statu nascente nicht vorhanden und die Verhältnisse, unter denen nascirender Wasserstoff in der Natur entsteht, gewiß selten sind.

Das Vorkommen von Ammoniak in den Eisenerzen und Felsarten erklärt sich ungezwungen aus dem allgemeinen Vorkommen dieses Körpers und dem Vermögen jener, Ammoniak mechanisch festzuhalten.

d. Widerlegung der Angaben, daß Humus säure die Eigenschaft besitzt, aus dem Stickstoff der Luft Ammoniak zu bilden.

Nachdem bereits Déhérain gefunden zu haben glaubte, daß Humus von altem Holze und die Ulminsäure der Ackererde in Auflösung von Alkali Stickstoff aufzunehmen im Stande sei, wurde diese für die Bildung von gebundenem Stickstoff so wichtige Frage weiter von Simon studirt. Simon hält sich nach den Resultaten seiner Versuche, welche wir bereits pag. 51 bei der Besprechung des Humus kurz berührt haben, für berechtigt, bestimmt zu erklären, daß die Humus säure die Eigenschaft besitze, den Stickstoff der Luft zu absorbiren und Ammoniak zu bilden.

Wir haben bereits am gedachten Orte unsere Bedenken über diesen Schluß hervorgehoben, müssen aber hier denselben näher betrachten. Da jetzt noch eine Arbeit von Pagel über diese Frage vorliegt, die zu dem entgegengesetzten Resultate als die Simon'sche geführt hat, so wird die nähere Betrachtung dieser uns zu dem gewünschten Resultate führen. Während Simon in der humus sauren Lösung, nachdem sie mit Stickstoff gewisse Zeit in Berührung gewesen war, das Ammoniak qualitativ nachwies, wandte Pagel, welcher nicht mit Humus säure, sondern mit Moor operirte, die entschieden richtigere Methode an, nämlich die mit dem Moor längere Zeit in Berührung gewesene Luft der gasometrischen Analyse zu unterwerfen und legte so genaue quantitative Bestimmungen seinem Schlusse zu Grunde.

Nachdem zunächst die Zusammensetzung der Luft des Versuchsortes (Halle) festgestellt war, wurden mehrere Untersuchungen von Luft, welche gewisse Zeit mit Moor in Berührung gewesen war, vorgenommen; nie konnte aber eine Absorption von Stickstoff nachgewiesen werden.

Aus diesen Versuchen zieht daher Pagel den Schluß: „Die Humus substanz absorbirte aus der atmosphärischen Luft begierig Sauerstoff, verhielt sich aber gegen den Stickstoff indifferent und führte denselben nicht in gebundene Form über.“

Es stehen hier also qualitative Versuchsergebnisse quantitativen gegenüber und zwar solchen, bei welchen der richtige Weg, welcher bei dieser Art Untersuchungen zum Ziele führen kann, eingeschlagen war.

Wir werden daher bis weitere Versuche mit anderen Resultaten als die der Pagel'schen vorliegen, die bisherige Annahme, daß die Humus säure den Stickstoff der Luft nicht in gebundene Form überzuführen vermag, festhalten müssen.

Die einzigen Quellen für die Entstehung von Ammoniak sind demnach die sich zersetzenden stickstoffhaltigen, organischen Körper und die von Schönbein entdeckte Entstehungsart desselben.

§ 41.

2. Vorkommen des Ammoniak.

Aus den so eben näher besprochenen Quellen für das Ammoniak können wir den sichern Schluß ziehen, daß dasselbe ganz außerordentlich verbreitet sein muß, denn stickstoffhaltige, organische Körper zersetzen sich täglich, stündlich, ja jeden Augenblick auf unserer Erdoberfläche, ebenso sind die Ursachen der Entstehung desselben nach der Schönbein'schen Entdeckung ganz allgemein.

Als Bestandtheil der atmosphärischen Luft wurde das Ammoniak zuerst von de Saussure nachgewiesen, indem er zeigte, daß schwefelsaure Thonerde, der Luft ausgesetzt, sich in Ammoniakalaun verwandelt. Dann wurde durch die ausgezeichneten Versuche von Faraday auf das Bestimmteste dargethan, daß überall da, wo überhaupt atmosphärische Luft sich befindet, auch Ammoniak vorhanden ist.

Bestimmte Angaben über die Menge des sich vorfindenden Ammoniak verdanken wir der Neuzeit. Jetzt liegen von Graeger, Kemp, Fresenius, Horsford, Bineau, Sidore Pierre, Boussingault, Wille, Filhot, Marchand, Way, Knop, Ulbricht, Beyer, Bretschneider, Karmrodt, Hellriegel, Pincus und Köllig, Peters, Ritthausen, Krocker, Scholz, A. Müller und Anderen, zahlreiche Bestimmungen über die Menge von Ammoniak vor, welche sich in der Luft, im Regenwasser, Thau, Nebel, Schnee, Quell-, Fluß- und Seewasser, sowie in der Ackererde befindet. Auf der im Anhang III folgenden Tabelle sind die Resultate dieser Versuche zusammengestellt.

Das Ammoniak kommt nicht als solches, sondern stets an Säuren gebunden, als Ammoniaksalz, vor. Am häufigsten finden wir es an Kohlensäure gebunden, als kohlen-saures Ammoniak; außerdem haben wir in der Luft noch salpetersaures und salpetrigsaures Ammoniak; im Quell-, Fluß- und Seewasser, sowie im Boden, sind ferner noch andere Verbindungen desselben — mit andern Mineralsäuren und Humus-säuren — enthalten, von welchen wir die Verbindungen, in denen das Ammoniak im Boden vorkommt, später noch speciell kennen zu lernen Gelegenheit haben werden.

Nach Wohlig soll normale atmosphärische Luft und Nebeneinflüssen fern gehaltenes Regenwasser kein kohlen-saures, sondern salpetrigsaures Ammoniak enthalten.

Daß das Ammoniak der atmosphärischen Luft in den meteorischen Niederschlägen enthalten sein muß, geht daraus hervor, daß das kohlen-saure, sowie salpetrigsaure und salpetersaure Ammoniak in Wasser leicht löslich sind und somit von dem meteorischen Wasser aufgelöst werden. In Folge dessen muß natürlich auch ein Regen, welcher nach längerer Trockenheit fällt, viel

reicher an Ammoniak und Salpetersäure sein, als einer der nach kurz vorhergegangenen Regen zur Erde gelangt; ferner muß auch der zuerst fallende Regen stets mehr von diesen Körpern enthalten, als der später fallende; bestimmte Zahlenangaben hierüber verdanken wir Boussingault, welche ich im Folgenden kurz anführe.

Ich bemerke vorher noch, daß die ersten 4 Angaben sich auf Regen beziehen, welcher zu Sieb Frauenstein in 1853, während die letzte Regen repräsentirt, der 1854 zu Paris fiel.

	28. Aug. Milligr. im Liter	29. Aug. Milligr. im Liter *)		6. Sept. Milligr. im Liter	29. Sept. bis 1. Oct. Milligr. im Liter	3. Jan. Milligr. im Liter
		a.	b.			
1. Portion	1,15	0,78	0,53	1,43	1,84	3,37
2. "	0,77	0,48	0,26	0,49	0,94	3,73
3. "	0,61	0,67	0,02	0,31	0,61	3,30
4. "	0,23	0,42	0,19	0,31	0,73	1,52
5. "	0,14			0,21	0,61	0,60
6. "	0,08			0,08	0,23	
7. "	0,10			0,08	0,08	
8. "	0,03				0,16	

*) An diesem Tage regnete es des Morgens bis Mittags (a) und dann von Abends 4 $\frac{1}{2}$ Uhr an (b).

Das kohlen saure Ammoniak ist flüchtig, somit wird auch nach dem Aufhören des Regens ein Theil desselben, welcher durch die Bestandtheile des Bodens noch nicht fest gebunden ist, nach dem Maaße seiner eigenen Tension wieder in die Atmosphäre übergehen, und dieser Uebergang ist um so bedeutender, je höher die Temperatur und je mehr die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens dies begünstigen: somit findet ein fortwährendes Spiel von Dampfförmigwerden und Auflösung statt.

Anders verhält sich das salpetersaure Ammoniak; dies ist, wie wir schon gesehen haben, nicht flüchtig und kann, sobald es zur Erde gelangt ist, als solches nicht wieder in die Atmosphäre zurückkehren.

§ 42.

3. Ist das Ammoniak eine direkte Stickstoffquelle für die Pflanzen?

a. Die gegen diese Ansicht angeführten Gründe.
Die bejahende Beantwortung dieser Frage bedurfte längere Zeit des Beweises eigentlich nicht, da alle Physiologen darin

einig waren, daß das Ammoniak von den Pflanzen aufgenommen werde und somit eine Quelle für den Stickstoff derselben sei. In neuester Zeit ist von mehreren Seiten und zwar vor Allem von *Knop* darauf hingewiesen worden, daß wahrscheinlicher Weise die Salpetersäure die einzige direkte Stickstoffquelle der Pflanzen sei.

Diese Ansicht ist ferner noch von *Clöz* und *Balling* ausgesprochen worden. *Balling* weist zur Begründung seiner Ansicht darauf hin, daß die Pflanzen den Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel und Phosphor aus den Sauerstoff-Verbindungen derselben und zwar der Kohlensäure, dem Wasser, der Schwefelsäure und Phosphorsäure aufnehmen. Wenn nun die Pflanzen vier der wesentlichsten Bestandtheile aus Dryden durch Desoxydation erhalten, so findet er darin einen Widerspruch, daß die Pflanzen den Stickstoff nicht ebenfalls aus der Sauerstoffverbindung desselben, der Salpetersäure, sich aneignen sollten, weil sonst für die Assimilation des Stickstoffs bei der Bildung der Pflanzensubstanz ein anderes Gesetz, als bei der des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Schwefels und Phosphors existiren müsse. Nach *Balling* ist das Ammoniak nur ein mittelbares Pflanzennährmittel. Er bespricht dann die günstigen Resultate der Düngung mit Chilisalpeter und untersucht schließlich, ob in der Ackererde wirklich Salpeterbildung vor sich gehe, was er bejahend beantwortet, ohne weitere Beweise, auf Untersuchungen gestützt, dafür beizubringen. In Betreff der Verbindung, in welcher die Salpetersäure aufgenommen werde, nennt *Balling* das salpetersaure Ammoniak (!).

Knop liefert für seine Ansicht nicht nur theoretische Deduktionen, sondern stützt dieselbe auf Versuche. Zunächst fand *Knop* bei Versuchen über das Wachsthum von Landpflanzen in wässrigen Lösungen, in denen der Stickstoff nur in Form von Salpetersäure vorhanden war, daß die Pflanzen sich in denselben vollständig entwickelten. Diese Resultate sind dann von *Kautenberg* und *Kühn* in Weende, *Stohmann* in Braunschweig, *Robbe* in Tharand und Anderen bei ähnlichen Versuchen über das Wachsthum von Landpflanzen in wässrigen Lösungen bestätigt worden. Hieraus zieht zunächst *Knop* den Schluß, daß das Ammoniak den Pflanzen zur Ernährung nicht nothwendig ist.

Knop untersuchte ferner im Verein mit *W. Wolf* Ackererden von verschiedenen Orten auf ihren Gehalt an Ammoniak und fand, daß die Menge desselben eine bedeutend geringere sei, als sie bisher von andern Analytikern angegeben, indem sie zwischen 0,00094 und 0,00095% schwanke. Nach Untersuchungen von *Way*, *Wolff*, *Stöckhardt*, *Grouven*, *Hellriegel*, *Hoffmann* und mir variiert dagegen der Ammoniakgehalt der verschiedensten Ackererden zwischen 0,0045—0,0382%.

Ferner wurde eine unbebaute Gartenerde und eine bebaute Ackererde mehrfach während des Sommers auf Ammoniak untersucht, und in beiden stets nur einige Milliontel Ammoniak gefunden, welcher Gehalt während des Sommers bei der nicht bebauten Gartenerde keine nachweisbare Zunahme, sowie bei der mit Kartoffeln bebauten Ackererde keine nachweisbare Abnahme erlitt. — In einer Tiefe von 6' wurde kein Ammoniak gefunden, ebenso in den hier abziehenden Wässern. Dies beweist, sagt Knop, daß das Ammoniak im Boden fest gebunden befindlich ist und dann, daß eine fortwährende Umwandlung desselben im Boden vor sich gehen müsse. Diese Umwandlung besteht in Verbrennung des Ammoniak zu Salpetersäure, für welche Knop ebenfalls ein Beispiel liefert.

Zugleich sei hier noch der Untersuchungen von Chabrier über das Vorkommen von salpetriger und Salpetersäure in den Ackererden gedacht. Chabrier untersuchte eine Anzahl von Ackererden und fand in allen salpetrige Säure. Seine Untersuchungen zeigten ferner, daß die Salpetersäure sich namentlich bei trockenem Wetter in den oberen Schichten anhäuft, während die salpetrige Säure sich umgekehrt verhält. Hieraus scheint zu folgern, sagt Chabrier, daß die gelösten Nitrite bei trockenem Wetter durch Capillarität im Boden aufsteigen, wo sie sich, wenigstens theilweise in Nitrate verwandeln, die ihrerseits wieder durch Wasserzuflüsse ausgewaschen werden. Das Bodenwasser enthält auf 25000 Theile 1 Theil salpetriger Säure und nie mehr als 1 auf 5000. Brachliegende Felder haben wenig salpetrige und mehr Salpetersäure; im Waldboden (Tannen) fand er mittlere Mengen von salpetriger und wenig Salpetersäure, im angeschwemmten Thonboden dagegen keine salpetrige und wenig Salpetersäure.

„Die bisher angeführten Thatsachen, fährt Knop fort, regen die Frage an: ist nicht etwa die Salpetersäure allein der Körper, welcher den Pflanzen den Stickstoff zuführt? Diese Frage ist, wie er meint, mit Sicherheit bis jetzt noch nicht zu beantworten. Daß aber das Ammoniak mehr als Salpetersäure erzeugender Körper, als als Pflanzennahrungsmittel anzusehen ist, gewinnt durch folgende Thatsachen einige Stützen.

a. Das Ammoniak ist im Boden durch Flächenattraction von seiner freien Bewegung nach den Wurzeln hin ausgeschlossen.

b. Von demselben als solchem sind in der Ackerkrume nur Milliontel vorhanden und in einer Tiefe von 6' sind nicht mal mehr Spuren zu finden.

c. Die Verbrennlichkeit des Ammoniak im Boden ist durch die Salpeterplantagen und viele Versuche dargethan.“

Was die unter a. bezeichnete Stütze dieser Ansicht anbelangt, so scheint mir die hier angeführte Thatsache viel mehr gegen als für dieselbe zu sprechen. Dieses Gesetz des Gebundenseins gilt ja nicht allein für das Ammoniak, sondern in höherem oder geringerem Grade für alle Pflanzennährstoffe und zwar für die wichtigsten, wie für das Kali, die Phosphorsäure u. s. w. in demselben Maße; dagegen entzieht sich die Salpetersäure diesem Gesetze vollständig. Das Gebundensein des Ammoniak im

Boden kann also sicherlich nicht als Beweis dafür dienen, daß das Ammoniak nicht zum direkten Nahrungsmittel der Pflanze bestimmt sei.

Eine weitere Stütze hat diese Ansicht durch eine Anzahl von Versuchen über das Wachsthum von Landpflanzen in wässrigen Lösungen, bei welchen der Stickstoff nur in Form eines Ammoniaksalzes gegeben wurde, erhalten, da es bei den meisten dieser Versuche nicht gelungen ist, Pflanzen bis zur Samenreife zu ziehen, während dies der Fall war, sobald als Stickstoffquelle ein salpetersaures Salz Anwendung gefunden hatte.

Ich nenne hier die Versuche von Stohmann, Rautenberg und Kühn, die von Birner und Lucanus, sowie die von Beher, Hampe, Wagner und J. Lehmann.

Stohmann, Rautenberg und Kühn fanden, daß Ammoniak in Form von Salmiak und schwefelsaurem Ammoniak den Stickstoffbedarf von Mais und Bohnen nicht zu decken vermochte. Ein gleiches Resultat erhielten Birner und Lucanus bei Erbsen in Betreff des schwefelsauren und sauren phosphorsauren Ammoniak.

Beher hatte bei 3jährigen Versuchen mit Hafer, bei welchen er verschiedene Ammoniaksalze anwandte, stets negative Resultate: es gelang ihm mit Ammoniak als alleiniger Stickstoffquelle nicht, eine normale Haferspizze zu erziehen. Hampe, welcher das Ammoniak als phosphorsaures Salz gab und Mais als Versuchspflanze benutzte, glaubt nach mehrjährigen Versuchen den Schluß ziehen zu müssen, daß die Maispflanze in der ersten Jugend das Ammoniak im Organismus nicht verwerthen könne, daß sie diese Fähigkeit erst mit einer gewissen Ausbildung erlange. Diese Hampe'schen Resultate sind durch weitere Versuche von Wagner bestätigt worden. Versuche ferner, bei welchen Wagner den Maispflanzen das Ammoniak als kohlenensaures Ammoniak gab, zeigten, daß das Ammoniak in dieser Form den Pflanzen unzutraglich sei.

J. Lehmann konnte Buchweizen in Lösungen, denen der Stickstoff in Form von Ammoniak gegeben worden war, nicht zu voller Entwicklung bringen, während die Pflanzen, welche den Stickstoff in Form von Salpetersäure erhalten hatten, zur vollen Entwicklung gelangten.

Voll entscheidend für die Frage, ob das Ammoniak eine direkte Stickstoffquelle für die Pflanzen ist, können die Versuche, bei welchen Pflanzen in wässrigen Lösungen erzogen werden sollten und bei welchen negative Resultate erzielt wurden, nicht sein, denn es treten hierbei eine Anzahl von Hindernissen auf, welche im Boden zum größten Theile wegfallen. Die Pflanze kann z. B. den Stickstoff nur assimiliren, wenn sie das betreffende Salz zerlegt und so die Säure frei macht. Die Säure muß nun entweder ebenfalls im Organismus verwerthet oder ausgeschieden werden. Letzteres ist, da ja die anderen basischen Nährstoffe ebenfalls in Salzform gegeben werden müssen, mehr als ersteres der Fall. Daß dies beträchtliche Störungen verursachen

muß, ist leicht ersichtlich, da hierdurch die Nährstofflösungen, wie sich dies bei Kautenberg's und Kühn's Versuchen unter andern zeigte, sauer werden können und so nachtheilig auf die Pflanzen einwirken müssen. Bei Anwendung von Salpetersäure fallen diese Nachtheile ziemlich weg, denn diese gestattet außer der Deckung des Stickstoffbedarfes zugleich auch noch basische Nährstoffe, vor Allem Kalkerde, in zweckmäßiger Verbindungsform zu geben.

Folgende Versuchs-Resultate, welche ich bis jetzt in Pommern bei nicht für die Stickstofffrage, sondern zu anderen Zwecken angestellten Versuchen erhalten habe, möchten der in der Ueberschrift ausgesprochenen Ansicht eine noch weitere Stütze gewähren.

In Pommern sind seit Jahren 2 Versuchsreihen mit rohem schweren und rohem leichten Boden im Gange, bei welchen als Hauptaufgabe die Frage beantwortet werden soll, wie diese Böden fruchtbar zu machen sind. Bei dem schweren Thonboden hat die Parcellen, welche den Stickstoff in Form von schwefelsaurem Ammoniak erhielt, so lange die Versuchspflanze Hafer und Roggen war, stets vorzügliche Ernten geliefert; beim Sandboden dagegen, welcher im Herbst 1876 zum ersten Male mit Roggen bestellt wurde, zeigt sich die auffallende Erscheinung, daß die mit nur schwefelsaurem Ammoniak gedüngte Parcellen (IV.) jetzt im April außerordentlich dürrig aussieht und weit hinter der ungedüngten Parcellen zurücksteht. Es sind hier verhältnißmäßig sehr wenige und kümmerliche Pflanzen: ein Theil der Samen gelangte gar nicht zum Keimen, und ein großer Theil der entwickelten jungen Pflänzchen ist eingegangen. Auf einer anderen Parcellen (VI.) dieses Sandversuches, welche die fünffache Aschen- und einfache Stickstoffmenge einer mittleren Roggenernte erhalten hatte und bei welcher der Stickstoff ebenfalls als schwefelsaures Ammoniak, der Kalk aber als Aetzalk*) gegeben worden war, zeigt jetzt einen sehr schönen Stand, und zwar sind die Pflanzen so kräftig entwickelt, wie dies auf Sandboden nur möglich ist. Die mehrfach vorgenommene Untersuchung des Bodens beider Parcellen ergab, daß bei Parcellen IV. nur Ammoniak, bei Parcellen VI. dagegen Ammoniak und Salpetersäure vorhanden ist. Bei dem schweren Boden wurden ebenfalls Ammoniak und Salpetersäure gefunden. Es ist hier wohl die Annahme berechtigt, daß die erfolgte Verbrennung des Ammoniak zu Salpetersäure die günstige Entwicklung der Roggenpflanzen bedingt hat.

§ 43.

β. Die für diese Ansicht sprechenden Gründe.

Nachdem wir in dem Vorhergehenden dasjenige dargelegt haben, was für die Ansicht, daß die Salpetersäure vorherrschend, wenn nicht allein die Stickstoffquelle der Pflanzen ist, spricht,

*) Selbstverständlich sind der Aetzalk und das schwefelsaure Ammoniak nicht zu derselben Zeit zum Boden gebracht worden, sondern ersterer einige Tage früher als das letztere.

haben wir jetzt weiter diejenigen Thatsachen kennen zu lernen, welche gegen diese Annahme anzuführen sind.

Zu diesem Zwecke beschreibe ich zunächst einige Düngungsversuche mit Ammoniaksalzen von Bille, welche die günstige Wirkung des Ammoniak auf die Vegetation darthun und bei welchen das Ammoniak als solches aufgenommen worden zu sein scheint, da die Ursachen der Verbrennung desselben zu Salpetersäure fehlten.

Diese Versuche wurden in Töpfen, gefüllt mit geglühtem Sande, dem die mineralischen, den Pflanzen nothwendigen Nährstoffe beigemischt waren, angestellt; den Töpfen wurden dann verschiedene stickstoffhaltige Düngstoffe, von denen jeder 0,11 Grm. Stickstoff enthielt, zugesetzt. Die Versuche wurden im Jahre 1856 mit Sommerweizen gemacht und ergaben folgende Resultate:

Angewendete stickstoffhaltige Düngstoffe.	Gewicht der Ernte an		Gesamtwicht; Mittel aus je 2 Versuchen.	Stickstoff der Ernte.	Stickstoff der Ernte; Mittel aus je 2 Versuchen
	Stroh und Wurzeln.	Körnern.			
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
1. Keine	A. 6,25	1,38	8,13	0,057	0,058
	B. 6,75	1,88		0,059	
2. Salmiak (0,419 Grm.)	A. 15,10	4,93	18,83	0,161	0,142
	B. 17,34	3,54		0,124	
3. Salpetersaures Ammoniak (0,314 Grm.)	A. 12,20	3,72	18,32	0,118	0,133
	B. 14,87	5,86		0,149	
3. Phosphorsaures Ammoniak (0,850 Grm.)	A. 12,96	3,77	18,40	0,116	0,133
	B. 15,82	4,34		0,150	

Wir sehen hier, daß das Ammoniak eine sehr günstige Wirkung auf die Gesamtentwicklung der Weizenpflanzen ausgeübt hat; der Stickstoffgehalt der mit Ammoniaksalzen gedüngten Pflanzen beträgt das 2¹/₂fache des Stickstoffs der Pflanzen ohne stickstoffhaltigen Düng. Diese vermehrte Stickstoffaufnahme hat aber auch eine vermehrte Aufnahme der übrigen Nährstoffe zur Folge gehabt, so daß das Gesamtwicht der Ernte ebenfalls bedeutend vermehrt worden ist: es beträgt mehr als das Doppelte der ohne Ammoniaksalze erhaltenen Ernte.

Außer diesen Versuchen könnte ich noch eine Reihe anderer anführen, welche die Resultate derselben bestätigen, jedoch genügen dieselben für den hier vorliegenden Zweck.

Weitere Beweise für die directe Aufnahmefähigkeit des Ammoniak möchten die Untersuchungen von Hofäus liefern.

Hofäus hat eine große Anzahl der verschiedensten Pflanzen in verschiedenen Perioden der Entwicklung auf ihren Gehalt an Ammoniak und Salpetersäure untersucht und gefunden, daß in allen von ihm untersuchten Pflanzen in den verschiedenen Stadien der Entwicklung Ammoniak enthalten war; Salpetersäure wurde zwar ebenfalls in allen von ihm untersuchten Pflanzen, jedoch nicht in allen zu jeder Zeit, gefunden.

Die von Hofäus erhaltenen Resultate habe ich auf der folgenden Tabelle zusammengestellt, zu der ich noch bemerke, daß 1 Th. Ammoniak, 0,8235 Th. Stickstoff und 1 Th. Salpetersäure, 0,26 Th. Stickstoff enthält, also der Stickstoff in beiden im Verhältniß wie 3,15 : 1 steht.

Name der Pflanzen.	Name des betreffenden Pflanzentheils.	Entwicklungs- zustand, Alter u. s. w. der Pflanzen.	Ammoniak- gehalt in %	Sal- peter- säure- gehalt in %	Verhältniß zwi- schen Ammoniak u. Salpetersäure.	Ge- samt- stickstoff der Pflan- zen.
Borago offi- cinalis	Wurzel } Stengel } Blätter }	Völlig entwickelt; frisch.	0,106	0,675		
			0,159	1,581		
			0,053	0,506		
Helleborus niger	Wurzel } Stengel } Blätter }	dito	0,106	0,337		
			0,318	0,337		
			0,159	0,168		
Helleborus viridis	Blätter } Stengel } Wurzel }	dito	0,159	0,337		
			0,159	0,337		
			0,318	0,168		
Onobrychis sativa	Kraut } Wurzel }	Noch nicht völlig entwickelt	Im	0,265		
			No-	0,159		
Rumex san- guineus...	Wurzel } Stengel } Blätter }	dito	vem-	0,159		
			ber	0,106		
			geern-	0,106		
Brassica na- pus	Wurzel } Blattstiele } Blätter }	dito	tet.	0,212		
			0,265	0,506		
			0,159	0,337		
Lepidium sa- tivum ...	Kraut	dito	4 Wo- chen alt.	0,159		1,012
Chelidonium majus	Ganze Pflanze	dito	Ende April genom- men.	0,159		0,337

Name der Pflanzen.	Name des betreffenden Pflanzentheils.	Entwicklungs- zustand, Alter u. s. w. der Pflanzen.	Ammoniak- gehalt in %	Sal- peter- säure- gehalt in %	Verhältnis zwi- schen Ammoniak u. Salpetersäure.	Gesamt- stickstoff der Pflanz- en.
Iris Germa- nica, (Schwertlilie).	Wurzel Blätter	Anfangs November entnommen.	0,053 0,106	— —		
Allium por- rum, Porre	Zwiebel Blätter	dito	0,185 0,159	— —		
Allium sati- vum, Knob- lauch.....	Zwiebel	Wie sie im Handel vor- kommt.	0,079	—		
Allium Cepa, Hauszwiebel	Zwiebel	dito	0,053	—		
dito	Zwiebel Blätter	Die Zwiebel in Sand gesetzt, mit Wasser begossen, nach 7wöchentl. Entwicklung.	0,079 0,070	— —		
Nicotina ru- stica, unga- rischer Tabak	Kraut Same	Lufttrocken.	0,371 0,318	0,863 0,337	1,4 : 1 1 : 3	
Hyoscyamus niger, schwarzes Bilsenkraut	Kraut Same	dito	0,591 0,318	1,256 0,337	1,46 : 1 1 : 3	
Datura Stra- monium, Stechapfel	Kraut Same	dito	0,717 0,310	2,193 0,337	1,3 : 1 1 : 3	
Klee, mit Gyps gedüngt ...	Ganze Pflanze	Zur Zeit der Blüthe gesamt- melt.	0,212	0,337	2 : 1	3,2
Klee, mit Kno- chenmehl ge- düngt	dito	dito	0,212	0,506	2 : 1,5	2,9
Klee, mit Su- perphosphat gedüngt ...	dito	dito	0,212	0,506	2 : 1,5	2,9
Klee, mit Torf- erde gedüngt	dito	dito	0,212	0,337	2 : 1	2,9
Klee, mit Kali- wassergl. ged.	dito	dito	0,265	0,168	5 : 1	2,9

N a m e der P f l a n z e n.	N a m e des betreffenden Pflanzen- theils.	Entwicklungs- zustand, Alter u. s. w. der Pflanzen.	Ammo- niak- gehalt in %	Sal- peter- säure- gehalt in %	Verhältnis zw- ischen Ammoniat u. Salpetersäure.	Ge- samt- stickstoff der Pflan- zen.
Klee, ohne Düngung.	Ganze Pflanze	Zur Zeit der Blüthe gesam- melt.	0,212	0,337	2 : 1	2,9
dito	dito	dito	0,265	0,168	5 : 1	2,9
Weißer Rübe	Wurzel	reif	0,106	0,337		
Zuckerrübe ...	Wurzel	dito	0,053	0,252		
Gewöhnliche Futterrübe	Wurzel	dito	0,106	0,252		
Kartoffel ...	} Knollen	reif; am 27./11. 63.	0,079	0,168		
		gekeimt am 3./2. 64.	0,079	0,168		
		Mit langen Kei- men, am 20./4.64	0,079	0,168		
Weizen	} Same	Keimversuche: 8täg. Keimung	0,596	1,180	1 : 0,64	
		14täg. Keimung	0,397	0,844	1 : 0,66	
		nicht gekeimt	0,318	1,350	1 : 1,33	
Linsen	} Same	dito	0,425	0,168	1 : 0,12	
		8täg. Keimung	0,450	0,253	1 : 0,17	
		14täg. Keimung	0,370	0,337	1 : 0,28	
Roggen ...	} Same	nicht gekeimt	0,318	1,012	1 : 1	
		8täg. Keimung	0,425	0,844	1 : 0,63	
		14täg. Keimung	0,251	0,625	1 : 0,8	
Gerste	} Same	nicht gekeimt	0,265	0,084	1 : 0,1	
		8täg. Keimung	0,318	0,421	1 : 0,42	
		14täg. Keimung	0,212	0,506	1 : 0,75	
Hafer	} Same	nicht gekeimt	0,238	0,084	1 : 0,11	
		8täg. Keimung	0,318	0,337	1 : 0,33	
		14täg. Keimung	0,265	0,421	1 : 0,5	

Hofäus setzte dann diese Versuche im nächsten Jahre (1865) fort; von diesen Versuchen theile ich hier nur die interessante Thatsache mit, daß er in den zwiebelartigen Gewächsen in diesem Jahre im Sommer Salpetersäure fand, wäh-

rend dieselben im vorigen Jahre, im Herbst untersucht, keine enthielten; letzteres war auch in diesem Jahre wieder der Fall.

Er fand bei den im Juni gemachten Versuchen bei:

Allium Cepa, Hauszwiebel:

	Ammoniak	Salpetersäure
in 4 Grm. Blätter	0,079	0,337
" 4 " Zwiebel	0,106	0,168

Allium porrum, Porre:

" 4 " Blätter	0,106	0,252
" 4 " Zwiebel	0,159	0,252

Iris germanica:

" 4 " Blätter	0,079	0,252
" 4 " Zwiebel	0,106	0,084.

Während also diese Pflanzen im Herbst keine Salpetersäure enthalten, finden wir dieselbe im Frühjahr in denselben.

Hofäus untersuchte ferner, ob die Zwiebeln überhaupt Salpetersäure aufzunehmen vermögen, oder ob die im Frühjahr anwesende nur als Umwandlungsprodukt zu betrachten sei. Die zur Beantwortung dieser Fragen aufgestellten Versuche ergaben, daß in den Zwiebeln Ammoniak in Salpetersäure umgewandelt wird, und daß die Zwiebeln nicht im Stande sind, Salpetersäure aufzunehmen.

Von den weiteren Versuchen von Hofäus führe ich zunächst nur die Resultate der mit den Cerealien in verschiedenen Vegetationsperioden kurz an. Die frischen Pflanzen enthielten an Ammoniak und Salpetersäure im Durchschnitt der untersuchten Pflanzentheile genommen und in Procenten ausgedrückt, die auf der folgenden Tabelle angeführten Mengen:

	Roggen.		Weizen.		Gerste.		Hafer.	
	Ammo- niak.	Sal- peter- säure.	Ammo- niak.	Sal- peter- säure.	Ammo- niak.	Sal- peter- säure.	Ammo- niak.	Sal- peter- säure.
Im April	0,132	0,168	0,106	0,168	—	—	—	—
" Mai.	0,150	0,196	0,079	0,252	0,132	0,421	0,132	0,421
" Juni	0,079	0,056	0,061	0,196	0,043	0,026	0,053	0
" Juli.	0,106	0,315	0,053	0,280	0,097	0,059	0,044	0,026
" August	—	—	0,119	0,278	0,101	0,084	0,105	0,026

Zum Schluß sei noch einiger Untersuchungen gedacht, welche Hofäus von Erbsenpflanzen ausführte, die in verschiedenartig gedüngtem Torf gewachsen waren. Die Aussaat, 12 Samen per Topf, erfolgte am 8. Mai, die Ernte am 8. Juni. Die folgende Tabelle enthält die Resultate:

Düngung.	Gewicht einer Pflanze.	Ammoniak.	Salpeter- säure.
	Grm.	%	%
Salpetersaure Salze	4,40	0,096	0,245
Ammoniaksalze.	2,00	0,212	0,270
Salpetersaure und Ammoniaksalze	3,75	0,158	0,216
Guano	9,40	0,135	0,172
Knochenmehl.	16,80	0,075	0,096
Superphosphat	7,40	0,057	0,073
Unge düngt	7,60	0,089	0,073

Der zu diesem Versuche benutzte Torf enthielt nach der Angabe von Hofäus 0,268 % Ammoniak und 0,337 % Salpetersäure; aus diesem Grunde sind die Schlüsse, welche Hofäus in Betreff der Bedeutung des Ammoniak und der Salpetersäure für die Erbsenpflanze gezogen hat, keine sicheren. Er sagt: „Die Erbsen sind im Stande, sowohl Ammoniak als auch Salpetersäure im Verlauf ihrer Vegetation aufzunehmen und zwar mehr, als zu ihrem Gedeihen nothwendig ist. Bei allen Versuchen ergiebt sich, daß, je größer die Menge des vorhandenen Ammoniak und der Salpetersäure ist, um so schlechter das Wachsthum der Pflanzen erschein t und um so geringer der Erntertrag an vollständig ausgebildeten keimungsfähigen Samen ist. Die mit salpetersauren Salzen gedüngten Erbsen enthielten Ammoniak, die mit Ammoniaksalzen behandelten Salpetersäure und zwar mehr als die vorigen. Es ist dies wohl ein Beweis, daß das Ammoniak in Salpetersäure übergeführt werden kann und dürfte nicht unwesentlich für die Knop'sche Ansicht sprechen.“

Wir haben hier nicht nur die älteren Versuchs-Resultate von Hofäus unverkürzt wieder aufgeführt, sondern auch neuere hinzugefügt, wenn auch die gefundenen Mengen von Ammoniak und Salpetersäure derartig hohe sind, daß ein Zweifel an der Braue xistenz so großer Mengen dieser Körper in den Pflanzen nicht ganz unberechtigt erscheinen könnte, und wenn auch von Frühling behauptet ist, daß die von Hofäus angewendete Bestimmungsmethode unrichtige Resultate liefere. Thatsache ist ja, daß die Bestimmung von Ammoniak und Salpetersäure in den Pflanzen große Schwierigkeiten darbietet, da während der Untersuchung die in denselben befindlichen Proteinkörper, vor Allem das Eiweiß, verändert werden können und so zum Theil als Educt erscheinen kann, was Product ist. Auf die Einwände von Frühling hat Hofäus seine Untersuchungsmethode nochmals geprüft und erklärt darauf hin dieselbe von Neuem für vollkommen fehlerfrei. Da Hofäus in gewissen Entwicklungs-Perioden und in bestimmten Theilen einiger Pflanzen entweder kein Ammoniak oder keine Salpetersäure gefunden hat, so möchte

dies wohl dafür sprechen, daß diese Untersuchungsmethode, wenn auch unter gewissen Verhältnissen die gefundenen Mengen nicht voll als praexistirend angenommen werden könnten, doch die Anwesenheit von Ammoniak und Salpetersäure in den Pflanzen darthun, und dies ist das, worauf es uns hier ankommt.

Für die bisher ventilirte, so äußerst wichtige Frage führe ich ferner noch an, daß G. Kühn bei seinen Versuchen in wässrigen Lösungen, bei welchen er den Stickstoff in Form von schwefelsaurem und phosphorsaurem Ammoniak gegeben hatte, je eine, wenn auch kümmerliche, Maispflanze mit reifen Körnern gezogen hat, dann noch die Versuche von J. Lehmann und schließlich einige Resultate von den Versuchen von Pomriß auf rohem, schwerem Boden.

J. Lehmann zog Maispflanzen in wässrigen Lösungen und gelangte, indem er den Stickstoff entweder in Form von Ammoniak oder Salpetersäure gab, zu folgenden Resultaten. Die Salpetersäure-Pflanzen wurden nach wenigen Tagen bleichsüchtig und blieben anfänglich kümmerlich, während sich die Ammoniakpflanzen außerordentlich üppig entwickelten. Nach 41tägiger Vegetationsdauer ergrüntten die Salpetersäurepflanzen, entwickelten sich sehr günstig und blieben bis zuletzt vollständig gesund, während die Ammoniakpflanzen von diesem Zeitpunkt an verkümmerten und gegenüber den Salpetersäurepflanzen ein trauriges Bild darboten.

Bei einem Versuche mit Tabak, bei welchem als Medium Sand gewählt war, bewahrten die Ammoniakpflanzen von Anfang bis zu Ende des Versuches den Charakter gesunder Pflanzen, während die Salpetersäurepflanzen in der ersten Hälfte der Vegetationszeit weit hinter den Ammoniakpflanzen zurückblieben und sich erst in der zweiten Hälfte besserten, trotzdem aber war ihre Production an Pflanzenmasse eine verhältnißmäßig sehr geringe: die 4 Salpetersäurepflanzen wogen lufttrocken 243,0 Grm., die 4 Ammoniakpflanzen dagegen 473,5 Grm.

Lupinen, welche auf mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngtem Sande wuchsen, zeigten anfänglich ein sehr dürftiges Wachsthum (ein Theil der Pflanzen ging ein), in der zweiten Hälfte der Vegetation trat dann eine wesentliche Besserung ein, so daß die Pflanzen zur Blüthe gelangten und normale Samen lieferten.

Die Salpetersäurepflanzen entwickelten sich dagegen von Anfang bis zu Ende viel gleichmäßiger.

Ein sehr interessantes Resultat dieser Versuche war ferner, daß die ohne Stickstoffdüngung in dem Sande gewachsenen Lupinen bei der Ernte die meisten Körner lieferten. Die Versuche von Pomriß auf Sandboden bestätigen diese Resultate. Die ungedüngte Parcellle lieferte hier bei einer Ausfaat von 2275 Körnern 617 Pflanzen mit einem Gesamtgewichte von 84110 Grm. frischer Pflanzenmasse; die mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngte Parcellle hatte bei derselben Ausfaat nur 200 Pflanzen mit einem Gewichte von 27040 Grm. Auf der ungedüngten Parcellle wurden 5686 und auf der Ammoniak-Parcellle nur 1332 Grm. lufttrockener Samen geerntet.

Für die P o m m r i g e r Versuche bemerke ich vorher kurz, daß der zu diesen Versuchen dienende Boden in der ersten 4füßigen Schicht 3—4 Fuß schweren Untergrundsboden, aus Verwitterung von Granit entstanden, repräsentirt, und daß jede Versuchs-Parcelle 1 fächf. Quadratruthe groß und von der anderen durch Bretter getrennt ist. Von den für die eigentliche Versuchsaufgabe präparirten 6 Parcellen sind 2 stets ungedüngt geblieben, während 4 gedüngt wurden und von diesen Nr. IV im Frühjahr 1868 mit schwefelsaurem Ammoniak; in diesem Jahre wurde aber keine Parcelle bestellt, sondern jede nur 4 Mal umgegraben. Im Jahre 1869 trugen die Parcellen, ohne von Neuem gedüngt worden zu sein, Hafer, ebenso 1870 und 1871, im letzteren Jahre war aber von Neuem gedüngt worden.

Die in diesen 3 Jahren erhaltenen Ernte-Resultate sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Jahr.	Art der Düngung.	Körner.	Stroh.	Spreu.
		Grm.	Grm.	Grm.
1869	Ungedüngt	820	1790	300
	1868 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	3090	5105	780
1870	Ungedüngt	89	260	60
	1868 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	89	250	72
1871	Ungedüngt	167	405	118
	1868 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	5267	7540	1645

Wir sehen hier somit im ersten Jahre, nachdem ein Jahr vorher mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt worden war, eine vorzügliche Wirkung des Ammoniaksalzes. Würde die Verbrennung des Ammoniak im Boden schnell erfolgen, so hätte das im Jahre 1868 gegebene Ammoniak in dem Jahre 1869 nicht mehr in der Art, wie es geschehen, wirksam werden können, da es in dem Falle, weil die Salpetersäure vom Boden nicht absorbiert wird, bereits in die tieferen Schichten des Bodens hätte versunken gewesen sein müssen. Factoren für die Verbrennung zu Salpetersäure, soweit wir sie bis jetzt kennen, vor Allem Zutritt von atmosphärischer Luft, waren vorhanden. Im Jahre 1870 ist von dem 1868 gegebenen Ammoniak eine Wirkung nicht mehr ersichtlich. 1871 dagegen wurde auf der Parcelle, auf welcher von Neuem eine Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak erfolgt war, eine außergewöhnlich große Ernte erzielt.

Diese Resultate sprechen meiner Meinung nach für die directe Aufnahmefähigkeit des Ammoniak.

Untersuchungen, ob und in welchem Grade eine Ueberführung des Ammoniak in Salpetersäure stattgefunden hatte, sind damals leider nicht ausgeführt worden, da die eigentliche Aufgabe dieser Versuche eine ganz andere war.

§ 44

Schlußbetrachtung über die Frage, ob das Ammoniak eine directe Stickstoffquelle für die Pflanzen ist.

Die Versuche von Wille u. s. w., nach welchen Ammoniaksalze sehr günstig auf die Entwicklung der Versuchspflanzen eingewirkt haben, sind für die Frage nicht ganz entscheidend, da eine Untersuchung des Bodens auf Salpetersäure nicht ausgeführt ist, wenn auch a priori nicht angenommen werden kann, daß in den betreffenden Böden eine Oxydation des Ammoniak stattgefunden haben sollte.

Die Versuche über das Wachsthum von Landpflanzen in wässrigen Lösungen, bei welchen als Stickstoffquelle Ammoniak geboten war, und bei welchen es nicht gelungen ist, normale Pflanzen zu erzielen, sind ebenfalls für die Frage nicht entscheidend, da diesen Versuchen einerseits solche gegenüber stehen, bei welchen das Ammoniak die alleinige Stickstoffquelle war und Pflanzen mit reifen Samen erhalten wurden — diese positiven Resultate sind selbstredend weit wichtiger als die negativen — und andererseits, wie bereits des Näheren erwähnt, die Landpflanzen in wässrigen Lösungen Schwierigkeiten zu überwinden haben, welche derartig sein können, daß nicht mit Sicherheit zu entscheiden ist, ob das Ammoniak oder die störenden Einflüsse die normale Entwicklung der betreffenden Pflanzen verhindert haben.

Die Hofäus'schen Arbeiten ferner, nach welchen die Pflanzen sowohl in den verschiedenen Entwicklungsstadien, sowie auch in den einzelnen Theilen meistens Ammoniak und Salpetersäure enthalten, würden für die Frage voll entscheidend sein, wenn zweifellos feststände, daß das gefundene Ammoniak als praexistirend in den betreffenden Pflanzen angenommen werden könnte. Wenn nun auch die gefundenen Mengen von Ammoniak und Salpetersäure zum Theil vielleicht nicht als Educt betrachtet werden können, so will uns doch scheinen, daß aus diesen Arbeiten so viel als sicher hervorgeht, daß Ammoniak als praexistirend in den Pflanzen angenommen werden muß. Aus diesem Grunde halten wir die Resultate für die vorliegende Frage für wichtig und dieselbe dahin beantwortend, daß das Ammoniak eine directe Stickstoffquelle der Pflanzen ist, denn für die Annahme, daß das im Boden in Salpetersäure übergeführte Ammoniak in den Pflanzen wieder in Ammoniak verwandelt werde, liegt kein einziger schlagender Beweis vor, und

es ist auch wohl a priori auszusprechen, daß die Natur so complicirt nicht arbeitet.

Die Pommriker Versuche, welche sowohl Beiträge für als gegen die Ansicht, daß das Ammoniak eine directe Stickstoffquelle der Pflanzen sei, liefern, sollen zwar ebenfalls nicht als entscheidend hingestellt werden, sind aber unserer Ansicht nach hoch wichtig. Sie thun einerseits dar, daß die Verbrennung des Ammoniak im Boden nicht allzu schnell vor sich gehen kann; wenn nun trotzdem die Ammoniakdüngung eine schnelle und vorzügliche ist, so muß dies wohl dafür sprechen, daß das Ammoniak auch eine directe Stickstoffquelle für die Pflanzen ist. Eine andere Frage ist die, ob das Ammoniak allen Pflanzen und weiter, ob es denselben in allen Entwicklungs-Stadien als directes Nährmittel dient? Hierauf geben die Versuche von Pommritz auf Sandboden, sowie andere früher erwähnte Versuche bezeichnende Antwort. Bei den Pommriker Versuchen sehen wir, daß auf reinem Sandboden bei alleiniger Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak eine nachtheilige Wirkung stattgefunden hat, während auf demselben Boden, wo die Factoren der Oxidation des Ammoniak und außerdem auch die erforderlichen Aschenbestandtheile für die Roggenpflanze vorhanden waren, eine kräftige und für Sandboden durchaus normale Entwicklung stattgefunden hatte. Daß bei der Ammoniak-Parcelle das Fehlen der Aschenbestandtheile nicht Schuld an dem Eingehen zc. der Pflänzchen war, beweist der Stand der Pflanzen auf der ungedüngten Parcelle.

Die Versuche über das Wachsthum der Pflanzen in wässrigen Lösungen haben uns für gewisse Pflanzen gezeigt, daß das Ammoniak entweder nicht im Stande war, normale Pflanzen hervorzubringen, oder daß es sich in gewissen Vegetations-Perioden als nicht brauchbarer Nährstoff erwies.

Aus allem diesem geht hervor, daß das Ammoniak noch, wie bisher, als directe Stickstoffquelle der Pflanzen zu betrachten, daß es aber nicht für alle Pflanzen als einzige Stickstoffquelle in allen einzelnen Entwicklungs-Stadien — von der Keimung bis zur Fruchtreife — geeignet ist.

Für den praktischen Landwirth ist die Frage von geringerer Bedeutung, da zahlreiche Versuche auf das evidenteste festgestellt haben, daß die Zufuhr von Stickstoff, in Form von Ammoniak, wenn anderweitig für die übrigen Pflanzennährstoffe Sorge

getragen, bei den bei Weitem meisten Bodenarten von vorzüglicher Wirkung ist. Ob das Ammoniak, um diese Wirkung hervorzubringen, erst theilweise oder ganz (?) in Salpetersäure übergeführt werden muß, kann dem Deconomen, wenn er weiß, das Ammoniak erfüllt seine Pflicht in gewünschter Weise, gleichgültig sein. Die aus den vorliegenden Arbeiten sich ergebende Thatsache, daß die Salpetersäure eine geeignetere Stickstoffquelle als das Ammoniak zu sein scheint, darf den praktischen Landwirth aber nicht zu der Annahme bringen, daß er deshalb besser thäte, die Zufuhr von Stickstoff von außerhalb zum Boden mehr in Form von Salpetersäure als in der von Ammoniak zu bewerkstelligen. Hiergegen spricht vor Allem die nicht vorhandene Absorptionsfähigkeit des Bodens für die Salpetersäure, wie dies des Näheren aus dem Kapitel „das Absorptionsvermögen des Bodens“ hervorgeht.

§ 45.

4. Durch welche Organe wird das Ammoniak von den Pflanzen aufgenommen?

Diese Frage hätte auch gleich so gestellt werden können: nehmen die Pflanzen das Ammoniak auch durch die Blätter auf?

Zur Beantwortung dieser Frage sind von Sachs Versuche angestellt, welche für die Leguminosen die Fähigkeit der Blätter, kohlensaures Ammoniak aufzunehmen und zu assimiliren, constatiren.

Der Apparat, dessen sich Sachs bediente, war folgendermaßen zusammengesetzt: die Gefäße mit dem Boden und den in diesem entwickelten Wurzeln sind außer aller Communication mit der Luft, welche Stengel und Blätter umgiebt; letztere befinden sich in einer Glocke, welche mittelst eines Harzkittes auf der Platte eines Tisches luftdicht befestigt ist; in der Mitte des letzteren ist eine kleine Oeffnung, durch welche der Stengel der Pflanze hindurchgeführt und die dann gut verschlossen ist, so daß die Luft oberhalb der Platte (die der Glocke) nicht mit der unterhalb derselben (die der Erde) communiciren kann. Die Glocke ist mit 2 Glasröhren versehen, von denen die eine zum Zuleiten des Luftgemenges, die andere zum Ableiten des gasförmigen Glockeninhalts dient. Sachs operirte mit Schminkbohnen; 2 Keimpflanzen derselben, in gleich großen thönernen Blumentöpfen befindlich, welche mit grobem Flußsand gefüllt waren, kamen am 19. Juli, als sie ihre Keimblätter entfaltet hatten und nachdem die noch mit Nährstoffen gefüllten Kotyledonen abgeschnitten waren, so in je einen Apparat, daß sich Stengel und Blätter in der Glocke befanden, während die Wurzeln dem freien Luftzutritt ausgesetzt blieben. Die Apparate standen neben einander am Ostfenster und wurden von 7—8 Uhr früh von der Sonne beschienen. Nr. 1 wurde mit einer Luft, welche 4—5 %

Kohlensäure enthielt und vor dem Eintritt durch Wasser streichen mußte, versorgt. Die Pflanze blieb hier gesund und wuchs ohne Störung bis zum Schluß des Versuchs, kam jedoch wegen der feuchten Atmosphäre nicht zum Blühen; am 11. August, wo der Versuch beendet, hatte sie 20 ausgebildete Blätter und 2 Seitentriebe. Nr. 2 erhielt täglich dieselbe Menge Luft und Kohlensäure, außerdem aber noch kohlen saures Ammoniak, welches dadurch in die Glocke kam, daß die Luft durch eine 1 % wässrige Lösung des Salzes hindurch geblasen wurde; der Ammoniakgehalt der Luft in 2 war so groß, daß Lackmuspapier beim längeren Aufblasen der aus einer feinen Oeffnung strömenden Luft gebläuet wurde. Die Entwicklung der Pflanze ging ebenfalls ohne Störung vor sich; die Blätter waren etwas kleiner, als bei 1, aber gedrungener, kräftiger und von dunkler grüner Farbe; Blüthen auch hier nicht entwickelt; am 11. August 40 ausgebildete Blätter und 7 Seitentriebe: Wurzel hier ebenfalls viel zahlreicher und stärker, als bei 1. Die Ernte ergab folgende Resultate:

	Gewicht der Trockenmasse. Grm.	Gehalt an Asche. Grm.	Gehalt an Stickstoff. Grm.
Nr. 1	4,140	0,616	0,106
Nr. 2	6,740	1,078	0,208
bei 2 also mehr erzeugt: in %:	2,600 62	0,462 75	0,102 96

Dieser Versuch zeigt also, daß das kohlen saure Ammoniak durch die Blätter aufgenommen und daß hierdurch nicht nur der Stickstoffgehalt der Pflanzen, sondern auch die organische Substanz und die Aschenmenge bedeutend erhöht wird: es hat somit die erhöhte Blatthätigkeit auch eine erhöhte Wurzelthätigkeit zur Folge.

Weitere Versuche über die Aufnahme von kohlen saurem Ammoniak durch die Blätter liegen von A. Mayer vor, welcher die Sachs'sche Arbeit als nicht entscheidend für die Frage hinstellt. Mayer wandte bei seinen Versuchen 2 Methoden, nämlich die der Bepinselung und die des Wachstums der Pflanzen in ammoniakhaltiger Atmosphäre an und kommt durch dieselbe zu dem Schlusse, daß die Pflanzen zwar durch die Blätter Ammoniak aufnehmen können, daß aber diese ihre Eigenschaft sehr wenig Nutzen für sie hat, da der Gehalt der Luft an Ammoniak ein zu geringer ist.

§ 46.

Für die Aufnahmefähigkeit des Ammoniaks durch die Blätter liefern ferner noch die bereits mehrfach erwähnten Versuche von Pommritz auf rohem, schwerem Boden einen schönen Anhalt, wenn sie auch nicht als voll beweiskräftig hingestellt werden sollen. Ich gebe deshalb in Folgendem von den erhaltenen Resultaten die für die vorliegende Frage einschlägigen Ernte-Ergebnisse.

Auf 1 fächf. Quadratruthe wurden geerntet :

Jahr.	Versuchs- pflanze.	Art der Düngung.	Ernte		
			Körner Grm.	Stroh Grm.	Spreu Grm.
1869	Hafer	Ungedüngt	820	1790	300
		1868 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	3090	5105	780
1870	Hafer	Ungedüngt	89	260	60
		1868 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	89	250	72
1871	Hafer	Ungedüngt	167	405	118
		1871 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	5267	7540	1645
1872	Wicke	Ungedüngt	1666	5315	1084
		1872 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	2233	6305	909
1873	Roggen	Ungedüngt	825	2400	125
		1873 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	4297,5	12700	822,5
1874	Klee	Ungedüngt		12471,5	
		1873 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt		3942	
1875	Roggen	Ungedüngt	1595	3280	450
		1873 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	1190	2305	338
1876	Erbsen	Ungedüngt	4220	3650	3380
		1876 mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt	2035	3850	2850

Diese Ernte-Resultate zeigen, daß die Stickstoffdüngung bei den blattarmen Cerealien, sobald sie direct zur Saat gegeben

war, eine vorzügliche Wirkung hervorrief, daß dagegen bei den blattreichen Leguminosen eine derartige Wirkung durchaus nicht vorhanden gewesen ist. Da das Stickstoffbedürfniß der Leguminosen kein geringes, im Gegentheil ein erheblich größeres, als das der Cerealien ist und trotzdem eine Stickstoffzufuhr zum Boden eine bessere Entwicklung der Pflanzen nicht zur Folge hatte, so liegt wohl der Gedanke nahe, daß den Leguminosen wegen ihres Blattrcichthums die atmosphärische Luft mehr Stickstoff geboten hat als den Cerealien.

Für die Praxis folgt aus diesem Versuche die so wichtige Thatsache, daß unter sonst normalen Verhältnissen die Cerealien eine besondere Stickstoffzufuhr zum Boden nothwendig haben, während dagegen die Leguminosen eine solche nicht bedürfen.

§ 47.

5. In welchen Verbindungen wird das Ammoniak durch die Wurzeln aufgenommen?

Bei dem augenblicklichen Stande der Ammoniakfrage und vor Allem aus dem Grunde, weil das Ammoniak in den Verbindungen, in welchen es zum Boden gebracht wird, in demselben nicht verbleibt, erscheint eine nähere Untersuchung der oben gestellten Frage an dieser Stelle nicht opportun, weshalb wir auch ein näheres Eingehen auf diese Frage unterlassen.

Die Verbindungen, in welchen die Pflanzen durch die Wurzeln das Ammoniak aufnehmen, sind höchst wahrscheinlich die mit Salpetersäure, Phosphorsäure und Kohlenäure.

§ 48.

6. Reicht der in den meteorischen Niederschlägen in Form von Ammoniak und Salpetersäure enthaltene Stickstoff hin, um die Pflanzen mit dem ihnen nothwendigen Stickstoff zu versehen?

Die Beantwortung dieser Frage ergiebt sich sowohl durch Rechnung wie durch die Resultate direct angestellter Versuche, beide Wege führen zur Verneinung der gestellten Frage.

α. Beantwortung der Frage durch Nachweis des Bedarfs der Pflanzen an Stickstoff und des Gehaltes der atmosphärischen Luft an Stickstoffverbindungen.

Für diese Rechnung haben wir zunächst den Bedarf der Pflanzen an Stickstoff festzustellen.

Ich benutze hierzu einige Angaben von Boussingault; derselbe hat bei mehreren Fruchtfolgen die pro Hectare geernteten Stickstoffmengen bestimmt. Die erhaltenen Resultate sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Satz- gang.	Fruchtfolge 1.	Stick-	Fruchtfolge 2.	Stick-	Fruchtfolge 3.	Stick-
		stoff. Ngr.		stoff. Ngr.		stoff. Ngr.
1	Kartoffeln	46,3	Runkelrüben	53,9	Kartoffeln	46,3
2	Weizen	26,4	Weizen	23,3	Weizen	26,4
3	Weizenstroh	9,0	Weizenstroh	8,0	Weizenstroh	9,0
4	Rlee (als Heu)	84,6	Rlee (als Heu)	84,6	Rlee (als Heu)	84,6
5	Weizen	32,6	Weizen	32,6	Weizen	32,6
6	Weizenstroh	11,2	Weizenstroh	11,2	Weizenstroh	11,2
	Stoppelnrüben, nachgeerntet	12,2	Stoppelnrüben, nachgeerntet	12,2	Stoppelnrüben, nachgeerntet	12,2
	Hafer	23,3	Hafer	23,3	Erbsen, gebilngt	41,9
	Haferstroh	5,1	Haferstroh	5,1	Erbsenstroh	56,6
					Woggen	23,7
					Woggenstroh	9,1
	Summa	250,7		254,2		353,6
	sonst jährlich durch- schnittlich	50,1		58,9		50,8
	und im Mittel			53,3		

Bei den bezeichneten Fruchtfolgen werden also dem Hectare jährlich durchschnittlich 53,3 Kilo Stickstoff entzogen, es ist dies aber nicht der sämmtliche in dem Jahre fixirte Stickstoff, denn der in den Ernterückständen enthaltene ist hierbei noch nicht in Rechnung gezogen worden.

Vergleichen wir mit dieser dem Hectare entzogenen Stickstoffmenge die demselben durch die meteorischen Niederschläge in gebundener Form zugeführte, so zeigt sich, daß diese bedeutend weniger beträgt, als jene. Nach den Untersuchungen von Boussingault gelangen durch die meteorischen Wasser bei einem durchschnittlichen Regenfall von 24 Zoll 2,15 Kilo Ammoniak, entsprechend 1,77 Kilo Stickstoff und 3,33 Kilo Salpetersäure mit 0,86 Kilo Stickstoff, in Summen also 2,63 Kilo auf den Hectare. — Nach Way, welcher ein ganzes Jahr hindurch die Regenmenge und die in derselben befindliche Quantität von Ammoniak und Salpetersäure bestimmt hat, beträgt das im Jahre zu einem Hectare gelangende Ammoniak 10,07 Kilo mit 8,30 Kilo Stickstoff, und die Salpetersäure 3,08 Kilo mit 0,70 Kilo Stickstoff, im Ganzen also 9,0 Kilo. In Jüterburg gelangen durch die atmosphärischen Niederschläge nach den Untersuchungen von Pincus in Form von Ammoniak und Salpetersäure auf den Hectare pro Jahr 6,15 Kilo, in Ruzhen nach denen von Peters 2,08, in Regenwalde nach denen von Ulbricht 16,89 und in Proskau nach denen von Procker 23,40 Kilo. Wenn wir ferner noch die Bestimmungen von Barral, welcher diese in Paris gemacht hat, anführen, so kommen hiernach jährlich auf den Hectare 15,28 Kilo Ammoniak mit 12,59 Kilo Stickstoff und 25,54 Kilo Salpetersäure mit 6,63 Kilo Stickstoff, in Summa also 19,22 Kilo; dieser Rechnung ist auch ein durchschnittlicher Regenfall von 24 Zoll zu Grunde gelegt.

Wir sehen hieraus, daß die gefundenen Mengen von Ammoniak und Salpetersäure, welche durch die atmosphärischen Niederschläge zum Boden geführt werden, sehr differiren, woraus folgen muß, daß die Menge von gebundenem Stickstoff, welche der Boden auf diesem Wege erhält, großen Schwankungen unterworfen ist.

Bedenken wir hierbei noch, daß nicht alles Ammoniak, welches durch den Regen zum Boden geführt wird, demselben wirklich verbleibt, sondern daß ein Theil desselben wieder verdunstet und so in die Atmosphäre zurückkehrt, so sehen wir, daß die angeführten Zahlen die wirklichen Ammoniakmengen, welche

durch die meteorischen Wasser zur Ackerkrume gelangen, noch nicht einmal repräsentiren.

Andererseits ist aber noch hervorzuheben, daß die Pflanzen, wie wir oben gezeigt haben, die Fähigkeit besitzen, aus der Atmosphäre durch die Blätter kohlensaures Ammoniak aufzunehmen, wodurch natürlicherweise die Stickstoffmenge, welche ihnen durch die atmosphärischen Niederschläge zukommt, vermehrt wird. Bedeutend kann aber diese Stickstoffzufuhr nicht sein, da der Gehalt der atmosphärischen Luft an Ammoniak nur ein geringer ist.

Nach den Untersuchungen von Bille, welcher die Luft in der Mitte von Paris 30' über der Erde untersucht hat, beträgt die Ammoniakmenge, welche in der Luftsäule, die auf einem preussischen Morgen ruht, enthalten ist, wenn der Ammoniakgehalt in allen Schichten gleich wäre, nur 1,346 Pfd. mit 1,105 Pfd. Stickstoff.

A. Müller bestimmte die Menge von Ammoniak, welche die Pflanzen ohne Vermittelung der wässrigen Niederschläge zugeführt erhalten können. Er fand in Stockholm durch Aufstellung flacher, mit titrirter Schwefelsäure gefüllter Gefäße nach 4 Monaten pro Quadratfuß 28 Mgr. Ammoniak, was per Hectare etwas mehr als 4 Kilo ausmacht.

§ 49.

β. Direct angestellte Versuche.

Diese Versuche, welche in der Art angestellt sind, daß den betreffenden Pflanzen die nöthigen Aschenbestandtheile gegeben wurden, während dagegen im Boden kein Stickstoff enthalten war, so daß sie in Betreff ihres Stickstoffbedarfs allein auf den in der Atmosphäre befindlichen Stickstoff angewiesen waren, haben das, was die oben angestellte Rechnung dargethan hat, vollkommen bestätigt; denn sie haben alle gezeigt, daß die Pflanzen, welchen nur der in der Atmosphäre befindliche gebundene Stickstoff zugänglich war, kümmerlich gediehen und ihre Vegetation durchaus nicht mit derjenigen zu vergleichen ist, welchen noch durch den Dünger Stickstoff zugeführt wird. Wir haben früher mehrere derartige Versuche kennen gelernt; außer diesen liegen noch viele andere von verschiedenen Forschern, wie Ruhlmann, Davy, Schattenmann, Schulz, Wolff, mir und Anderen vor; ich führe die Resultate derselben hier aber nicht speciell mehr an, da die früher genannten die gestellte Frage vollständig beantworteten; alle diese Versuche bestätigen die Resultate der obigen.

Wir haben somit gesehen, daß der gebundene Stickstoff der atmosphärischen Luft durchaus nicht hin-

reicht, um die Pflanzen mit dem ihnen nöthigen Stickstoff zu versehen; hieraus folgt, daß wir denselben im Boden eine Stickstoffquelle eröffnen, daß wir dem Boden durch die Düngung Stickstoff zuführen müssen.

§ 50.

Kurze Wiederholung.

1. Der freie Stickstoff der Luft ist keine Stickstoffquelle für die Pflanzen.

2. Die beiden Verbindungen, in denen die Pflanze den Stickstoff aufnehmen kann, sind Salpetersäure und Ammoniak.

3. Die Salpetersäure ist in der Natur ganz allgemein verbreitet; sie entsteht

a. Bei der Zersetzung organischer, stickstoffhaltiger Körper in Gegenwart starker Basen.

b. Durch die Verbindung von Ozon mit dem Stickstoff der Luft.

c. Bei der Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger, organischer Körper in der atmosphärischen Luft.

d. Beim Durchströmen von atmosphärischer Luft durch poröse Massen — lockere Erde, — in denen sich starke Basen befinden.

4. Die Salpetersäure begünstigt die Entwicklung der Pflanzen in hohem Grade.

5. Der Aufnahme derselben geht keine Verwandlung in Ammoniak voraus: sie wird als solche aufgenommen.

6. Das Ammoniak ist in der Natur ebenfalls ganz allgemein verbreitet; es entsteht:

a. Durch die Zersetzung stickstoffhaltiger, organischer Körper; bei derselben bleibt aber nicht aller Stickstoff in gebundenem Zustande, sondern ein Theil desselben wird als solcher frei.

b. Bei der Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger, organischer Körper.

7. Für die directe Aufnahmefähigkeit des Ammoniak durch die Wurzel der Pflanzen sprechen die folgenden Gründe:

a. Die direct angestellten Versuche, bei denen die Bedingungen für eine Umwandlung von Ammoniak in Salpeter-

säure fehlten, und bei denen sich die günstigen Wirkungen des Ammoniak auf die Entwicklung der Pflanzen in jeder Art zeigte.

b. Das Vorkommen von Ammoniak in den verschiedensten bis jetzt untersuchten Pflanzen in den verschiedenen Stadien der Entwicklung derselben.

8. Die Aufnahme des Ammoniak erfolgt sowohl durch die Wurzeln als auch durch die Blätter.

9. Das zum Boden in verschiedenen Verbindungen gebrachte Ammoniak wird in demselben zerlegt und in neue Verbindungen übergeführt.

10. Der in der atmosphärischen Luft in gebundener Form vorhandene Stickstoff — die Salpetersäure und das Ammoniak — reicht nicht hin, um unsere Pflanzen mit dem ihnen nothwendigen Stickstoff zu versehen.

Anhang I.

§ 51.

Da mehrere Versuche zur Beantwortung der Frage angestellt worden, ob die Pflanze den Stickstoff auch in Form einer organischen Verbindung aufnehmen kann, diese Versuche aber noch nicht zum vollen Abschluß gekommen sind, so führe ich die bis jetzt gewonnenen Resultate hier im Anhang an.

C. A. Cameron stellte zuerst Versuche mit Harnstoff, cyanursäurem Kali und Natron, G. Wille mit Harnstoff, Methylamin und Aethylamin an; beide Experimentatoren schließen aus ihren Versuchen, daß die Pflanzen diese Körper aufnehmen und den Stickstoff derselben assimiliren können. Da aber bei den Versuchen nicht nachgewiesen ist, daß die Körper wirklich als solche aufgenommen sind, so entbehren sie der Beweiskraft für die angeregte Frage.

Darauf wurden im Jahre 1865 von H a m p e Versuche mit Harnstoff und Harnsäure zu Mais in wässrigen Lösungen gemacht und bei demselben in den Pflanzen (Wurzeln, Blättern und Stengeln), salpetersäurer Harnstoff nachgewiesen, was sonach eine directe Aufnahme des Harnstoffs darthut. Die Pflanzen gedeihen in den Lösungen üppig. In Betreff weiterer Angaben über diesen Körper verweisen wir auf p. 57 und 58.

Von R n o p und W. W o l f mit Harnstoff, Amidosäuren und verschiedenen Alkaloiden angestellte Versuche haben negative Resultate ergeben.

Wir haben somit bis jetzt einige Versuche, welche die directe Aufnahme des Harnstoffs, Tyrosins, Kreatins u. s. w. darthun; ich glaube aber, daß erst noch weitere Versuche abzuwarten sind, bevor diese Körper mit Sicherheit in die Reihe der Stickstoffquellen der Pflanzen aufgenommen werden können.

Anhang II.

§ 52.

Salpetersäure-Gehalt des Regens, Nebels, Thaues, Quell-, Fluß- und Seewassers, sowie des Bodens.

a. Des Regens.

Salpetersäure-Gehalt des auf der Pariser Sternwarte gesammelten Regens nach Barral.

In einem Kubikmeter (= 1000 Liter, = 875 pr. Quart), wurde gefunden:

Im Monat	Januar	7,641	Grm.	Salpetersäure
"	"	Februar	11,774	" "
"	"	März	6,862	" "
"	"	April	3,567	" "
"	"	Mai	5,574	" "
"	"	Juni	1,837	" "
also durchschnittlich		6,209	Grm.	Salpetersäure in 1 Kubikmeter.

Nach W a y, Regen aufgefangen zu Rothamsted:

Name der Monate.	1856.			
	1855. In einer Gallone. Granes.	1856. In einer Gallone. Granes.	Gefallene Regenmasse Gallons.	Salpeter- säure in derselben. Granes.
Januar	0,017	0,025	62952	1561
Februar	0,042	0,018	30586	544
März	0,021	0,035	22722	806
April	0,035	0,018	59083	1063
Mai	0,035	0,028	106474	3024
Juni	0,080	0,047	43253	2046
Juli	0,017	0,035	33561	1191
August	0,060	0,035	59859	2125
September	0,021	0,035	49477	1756
October	0,036	0,032	65033	2075
November	0,018	0,043	32181	1371
December.	0,017	0,040	50870	2035
Mittel	0,0333	0,0326	616051	19597
				Summa

Nach Bobierre, Regen aufgefassen zu Nantes in verschiedenen Höhen.
In einem Kubikmeter:

	50 Meter hoch: Grm.	7 Meter hoch: Grm.
Januar	5,790	3,200
Februar	—	—
März	7,115	5,980
April	2,309	1,183
Mai	3,501	1,998
Juni	13,218	10,237
Juli	—	—
August	15,520	16,000
September	9,999	5,720
October	4,989	3,198
November	6,278	5,574
December	4,890	3,100
Mittel	7,360	5,682

Nach Bouffingault, der Regen zu Paris aufgefassen.
Im Liter:

Am 19. December 1857	1,00	Milligr.
„ 4. Januar 1858	0,37	„
„ 10. „ „	1,36	„
„ 13. „ „	1,10	„
„ 14.—20. Januar 1858	2,11	„
„ 20.—25. „ „	1,00	„
„ 30. „ „	0,44	„
„ 30.—31. „ „	1,14	„
„ 31. Jan.—20. Febr. „	0,76	„
„ 20.—23. „ „	0,44	„
„ 23.—24. „ „	0,68	„
„ 2. März 1858	0,76	„
Im April 1858	2,00	„
Mittel	1,02	Milligr. pro Liter.

b. Im Schnee.

α. Nach Bay, Schnee gesammelt zu Rothamsted, 1856.

Am 27. November in einer Gallone	0,053	Grane,
„ 5. December „ „ „	0,0461	„

β. Nach Bouffingault, 1858.

In 1 Liter Schneewasser:

Am 27. Februar	4,00	Milligr.
„ 28. „ und 1. März	1,55	„
„ 6. März (bei Tage)	2,56	„
„ 6.—7. März (bei Nacht)	0,95	„
„ 9. März	0,32	„
„ 10. „	0,58	„
Mittel	1,66	Milligr.

c. Im Hagel.

Reichardt fand in 1000000 Theilen 0,526 Theile.

d. Im Nebel.

α. Nach Way, gesammelt zu Rothamsted, 1856.

pr. Gallone:

Am 22. October, Frost mit Nebel	0,071	Grane
" 27. " " " "	0,071	"
" 28. " " " "	0,089	"
" 30. " Nebel mit etwas Regen	0,088	"
" 5. December, " " " "	0,053	"
Mittel	0,0744	Grane.

β. Nach Boussingault.

Im Liter:

Im Wasser des October- und Novembernebels 1857	3—9	Milligr.
Am 14.—16. November, Nebel im Rheinthale	50	"
" 23. Januar 1858, Nebel zu Paris	138	"
" 25. October 1857, " " Liebfrauenberg	0,39	"
" 26. " " " " "	1,19	"
" 28. " " " " "	0,72	"
" 18. November " " " "	0,96	"
" 25. December " " " "	1,08	"
" 26. " " " " "	1,83	"
Mittel des Nebels zu Liebfrauenberg.	1,03	Milligr.

e. Thau.

Nach Boussingault, gesammelt zu Liebfrauenberg.

Im Liter:

Am 16. September 1857	0,12	Milligr.
" 18.—28. Sept. "	0,07—0,27	"
" 1.—28. Oct. "	0,05—1,12	"
" 5—9. Nov. "	0,43—0,68	"
" 16.—17. " "	0,58	"

f. Flußwasser.

α. Nach Deville. In einem Kubikmeter:

	Salpetersaures Kali. Grm.	Salpetersaures Natron. Grm.	Salpetersaure Magnesia. Grm.
Seinewasser bei Bercy	9,4	—	5,2
Rheinwasser bei Straßburg	3,8	—	—
Rhonewasser bei Genf.	4,0	4,5	—
Doubswasser bei Rivotte	4,1	3,9	—

β. Nach Boussingault.

In einem Kubikmeter:

		salpetersaures Kali:	
Wasser der Selz	}	Nebenflüsse des Rheins	0,7 Grm.,
" " Sauer		" "	0,8 "
" " Seine, im Mittel von 6 Bestimmungen		" "	9,0 "
" " Vesle, in der Champagne		" "	12,0 "
Hiernach führt die Seine binnen 24 Stunden bei niederem Wasser (in der Secunde 75 Kubikmeter) 29000 Pfd. Salpeter ins Meer, und bei mittlerem Wasserstande (in der Secunde 275 Kubikmeter) 97200 Pfund ($\frac{60. 60. 24. 250. 9.}{2}$).			

γ. Nach Knop und Wolf.

Im Liter:

Wasser aus der Elster im Juni	0,0166 Grm.,
" " " " " Juli	0,0146 "

g. Seewasser.

Nach Boussingault.

Im Liter:

Sternsee in den Vogesen; 21. October 1859	0,10 Milligr.
Sulzbacher See bei Würth (Vogesen); am 24. Aug. 1855	0,03 "
Berensee; 23. October 1866	0,07 "

h. Quellwasser.

α. Nach Deville.

	In einem Kubikmeter:			
	salpeter= saures Kali	salpetersau= res Natron.	salpetersaure Kalcerde.	salpetersaure Magnesia.
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
Quellwasser von Moulère	2,3	11,8	—	—
Quellwasser von Billecal	4,4	15,6	—	—
" " Bregille	2,3	4,8	8,1	—
" " Luzon	2,7	—	—	—
" " Arcueil	—	—	—	37,0

β. Nach Boussingault.

Im Liter:

Quellwasser von Liebfrauenberg	0,03 Milligr. Salpeter,
" " der Ruine von Fleckenstein	0,14 " "
" vom Ebertsbrunnen	14,00 " "

Im Kubikmeter :

	Spur	Grm. Salpeter,
Brunnenwasser von Bechelbronn	66,0	" "
" " Wörth	91,0	" "
" " Freischwiller		
" " Paris, und zwar		
die Salpeterärmsten	206—258	" "
und die Salpeterreichsten.	1031—2165	" "
" eines Gemüsegartens bei Paris	1268	" "
" " Gartens in einer Vor-		
stadt bei Paris	1546	" "

γ. Nach K n o p und W o l f.

Im Liter :

Brunnenwasser in Mäckern 0,02 Grm. Salpetersäure.

i. Boden.

	Salpeter in einem Kubik- meter Erde (30 Ctr.)	Salpeter- menge in der 1' tiefen Ackerkrume eines preuß. Morgens.
	Grm.	Pfd.
α. Nach Bouffingault.		
Küchengarten des Klosters Liebfrauenberg; 9. Aug. 1856	316,5	569,7
Küchengarten des Klosters Liebfrauenberg nach 20tägigem Regen	13,0	23,4
Erde aus einem Nadelwalde bei Forette (Ober- rhein); 27. October	Spur	Spur
Kiefernwald auf dem Gipfel eines Berges der Bogesen	0,7	1,2
Sandboden aus dem Walde von Fontainebleau	3,27	5,8
Heideerde aus dem Walde bei Hatten a. Rh.; 15. August	12,0	21,6
Wiesenerde von den Ufern der Sauer (Bogesen)	1,0	1,8
Erde von einer Weide bei Rüdgershof	11,0	19,8
" " einem Maisfeld bei Hörds am Rhein	0,8	1,4
" " " Liebfrauenberger Weinberg	1,28	2,3
" " " Rübenfeld am Ufer der Sauer	1,33	2,4
" " " Weizenfeld bei Rheims	10,4	18,7
" " " Acker aus der Tourraine	14,4	25,9
" ebendasselbst, seit 5 Jahren mit salpeter- freier Mischdüngung gedüngt	108,0	194,4
" von verwittertem Mörtel	7,2	12,9
" " Mergel von La Chaisse, seit 3 Jahren an der Luft liegend	19,0	34,2
" eines thonigen Mergels von Chaumont	25,0	45,0

	Salpeter in einem Kubik- meter Erde (30 Ctr.)	Salpeter- menge in der 1' tiefen Äckerkrumme eines preuß. Morgens.
	Grm.	Pfd.
Mondoner Erde, obere Schicht	16,0	28,8
„ „ „ untere „ „ „	Spur	Spur
Erde aus dem Gewächshause des Jardin des plantes à Paris	804,0	1447,2
„ ebendasselbst	185,0	330,0
β. Nach Stöckhardt.		
Erde von sehr fruchtbarem, stark gedüngtem Oberbruchboden	90,0	160,0
„ von dessen Untergrunde	5,0	9,0
„ „ Oberbruchboden, seit 30 Jahren un- gedüngt	29,0	50,0
„ von dessen Untergrunde	3,0	5,4
γ. Nach Krop und Wolf.		
Äckererde aus Mäckern	90	160
Moorerde von Eilenburg	450	800
„ „ „ Köschlig	360	640
Russische Schwarzerde	3	5,3
„ dito	9	16

Anhang III.

§ 53.

Ammoniak-Gehalt der Luft, des Regens, Nebels, Thaues, Quell-, Fluß- und Seewassers, sowie des Bodens.

a. Der Luft.

In 1 Million Gewichtstheilen Luft sind folgende Gewichtstheile Ammoniak enthalten:	Ungefähre Menge der dem Versuche unterworfenen Luft:
Nach Gräger 0,323 (Mühlhausen, Mai 1845)	36 Kubikfuß,
„ Kemp 3,680 (300' über dem irländischen Meer)	14 „
„ Fresenius 0,098 (Wiesbaden im Aug. und Sept. während des Tags)	13 „

Nach demselben 0,169 (Wiesbaden im Aug. und Sept. während der Nacht)	13 Kubikfuß,
" Horsford 1,217 (im December untersucht)	? "
" Isidore Pierre 3,490 (Caën, Winter 1851, 12' über der Erde)	90 "
" Derselbe 0,500 (Caën, Mai 1852 bis April 1853, 25' über der Erde)	140 "
" George Wille*) 0,02373 (Paris 1849, in Mitte eines großen Gartens)	} 20000 Liter bis 30000 " 55000 "
" Derselbe 0,0211 (zu Grenelle bei Paris 1850)	
" Bineau 0,02—0,25	

*) Die Wille'schen Bestimmungen sind Mittel von 16 Versuchen.

b. Des Regens.

α. Nach Bouffingault; Regen aufgefangen zu Liebfrauenberg.

Datum.		Im Liter. Milligr.
27. Mai .	Anhaltender Regen .	0,31
28. "	Regen .	0,51
29. " . . .	Gewitterregen	0,35
30.—31. Mai	Anhaltender Regen .	0,25
2. Juni	dito	0,25
5. " . . .	24stündiger Regen	0,49
21.—24. Juni	Anhaltender Regen	0,61
30. Juni .	Regen, untermischt mit Gewitterregen	0,43
1.—2. Juli	Anhaltender Regen	0,58
13. Juli	Regen bis 9—10 Uhr Abends; heftiges Gewitter	0,68
16. "	Regen bis 9 Uhr Abends, mit Donner	0,00
25. "	Heftiger Gewitterregen in der Ebene, viel Hagel	0,45
28. "	Regen um 6 Uhr des Morgens	0,69
29. "	" " 4 " " " " " " " " " " " "	0,15
5. Aug.	Platzregen um 8 Uhr Morgens	2,48
14. "	Anhaltender Regen .	0,76
15. "	Regen .	1,86
17. "	"	1,36
24. "	"	3,38
26. "	"	1,32
27. "	"	2,13
28. "	"	0,49
29. "	"	0,37
31. "	"	0,79
2. Sept.	Gewitterregen	0,43
3. "	Regen während der Nacht	0,50
4. "	Regen mit Nebel	1,33
6. "	Regen während des Tages	0,21

Datum.		Im Liter. Milligr.
6.—7. Sept.	Regen während der Nacht	0,80
7. " .	" " des Tages.	0,36
7.—8. " .	" " der Nacht	0,15
8. " .	" " des Tages	0,11
8.—9. " .	Nebel mit sehr feinem Regen während der Nacht	0,29
24. " .	Regen	1,52
25. " .	"	0,24
28. " .	Kalter Staubregen	3,38
29.—30. Sept.	Regen	0,36
1. Oct.	"	0,61
2. " .	" mit Hagel	0,54
7. " .	"	1,40
8. " .	" mit Schloßen . .	0,60
9. " .	" während der Nacht	0,53
12. " .	" " " "	0,94
14. " .	" " " "	0,25
16. " .	"	0,90
17.—18. Oct.	" während der Nacht	0,72
	Im Mittel	0,665

Regen, gesammelt zu Paris.

Datum.		Im Liter. Milligr.
27. Mai . . .	Regen .	1,70
19.—25. Juli	"	1,82
25. Juli . . .	"	1,56
28.—30. Juli	"	2,00
26. August .	"	1,06
	Im Mittel	1,628

β. Nach Wagh; Regen, aufgefangen zu Rothamsted.

Name der Monate.	1855.	1856.	1856.		Summa.
	In einer Gallone.	In einer Gallone.	Gefallene Regenmenge.	Darin enthaltenes Ammoniak.	
	Granes.	Granes.	Gallons.	Granes.	
Januar	0,092	0,079	62952	5005	
Februar	0,104	0,136	30586	4175	
März	1,086	0,093	22722	2108	
April	0,123	0,146	59083	8614	
Mai	0,080	0,127	106474	18313	
Juni	0,135	0,113	43253	4870	
Juli	0,061	0,085	33561	2869	
August	0,080	0,070	59859	4214	
September	0,095	0,121	49477	5972	
October	0,061	0,060	65033	3921	
November	0,054	0,080	32181	2591	
December	0,067	0,080	50870	4070	
Mittel	0,0865	0,0992	619051	66792	

γ. Nach Filhot; Regen aufgefangen in der Umgegend von
Toulouse.

Im Liter:

Januar	0,00060	Grm.,
Februar	0,00082	"
März	0,00083	"
April	0,00044	"
Mai	0,00055	"
Juni . . .	0,00070	"

Mittel 0,00065 Grm.

Regen aufgefangen in Toulouse.

Im Liter:

Januar	0,0026	Grm.,
Februar	0,0046	"

Mittel 0,0036 Grm.

δ. Nach Barral:

In den Regenmessern der Pariser Sternwarte gesammelt.

In einem Kubikmeter:

Januar	2,530	Grm.,
Februar	9,646	"
März	1,474	"
April	3,531	"
Mai	1,135	"
Juni . . .	1,835	"

Mittel 3,717 Grm.

e. Des Thaues.

α. Nach Keller.

In einem auf einer entlegenen Wiese gesammelten Thau im Kubikmeter 20,59 Grm.

β. Nach Bouffingault.

Im Liter:

18.—19. August	3,14 Milligr.,
9.—10. September	6,20 "
11.—12. "	6,20 "
21.—22. "	6,20 "
24.—25. "	1,02 " (Thau nach 2tägigem Regen.)
27.—28. "	6,20 "

γ. Nach Knop und Wolf; gesammelt zu Möckern.

Im Liter:

14. Mai Morgens 2—5 Uhr	0,002047 Grm.,
1. Juni " 4—5 "	0,001996 "
28. Juli " 4 "	0,002148 "

f. Des Schnees.

α. Nach Bouffingault.

In einem Liter Schneewasser, im März 1855	0,70 Milligr.,
" " " auf einer Terrasse gesammelt	1,78 "
" " " desselben Schnees, nachdem er 24 Stunden auf der Erde im Garten gelegen	10,34 "

β. Nach Filhot.

In einem Liter Schneewasser, Umgegend von Toulouse.	0,60 Milligr.
" " " desselben Schnees, nachdem er 36 Stunden gelegen	3,00 "

γ. Nach Knop und Wolf.

In einem Liter Schneewasser, 18.—21. April 1860	2,86 Milligr.,
" " " " am 28. November	1,10 "
" " " " vom 1.—15. Januar 1861	0,00 "

g. Des Flußwassers.

α. Nach Bouffingault. Im Jahre 1852.

Name der Monate.		Im Liter. Milligr.
April	Seinewasser, genommen bei Pont d'Austerlitz	0,12
"	Seinewasser, genommen am Pont de la Concorde.	0,16

Name der Monate.		Im Liter. Milligr.
September	Seinewasser, genommen am Pont d'Austerlitz.	0,09
Mai	Wasser der Durcq, genommen aus einem Bassin bei Bilette	0,03
"	Wasser der Durcq, genommen aus einem Bassin des Museums, in dem Meerespflanzen	0,00
März	Wasser des Voing, gen. bei Montargis.	0,14
April	" der Bièvre, gen. am Port aux Triples, Paris . . .	2,61
Mai	Wasser des Sees von Enghien . .	0,07
Juni .	" " Rheins, gen. bei Lauterburg	0,49
August	" " " " " "	0,43
October	" " " " " "	0,17
Juni	" der Moder, gen. bei Haguenau.	0,20
Juli	" " Selz, gen. bei Merxwiller	0,13
"	" " Sauer	0,13
"	" " " entn. nach einem Gewitter	0,13
"	" " Lauter, gen. zu Wissemburg	0,31
August	" " " " " Lauterburg	0,37
	Mittel	0,18

Bei Lauterburg, wo der Rhein, nach Desfontaines, in der Sekunde bei mittlerem Wasserstande 1106 Kubikmeter Wasser vorbeiführt, werden, wenn man im Liter 0,17 Milligr. veranschlagt, in 24 Stunden 32490 Pfd. und im Jahre 12 Millionen Pfd. Ammoniak vorbeigeführt.

β. Nach K n o p und W o l f.

Datum.		Im Liter. Milligr.
Am 15. April 1860	Das Wasser der Elster	0,7016
" 15. Mai "	" " " "	0,9030
" 15. Juni "	" " " "	1,5800
" 15. Juli "	" " " "	0,9900
" 4. Aug. "	" " " "	2,3500
" 15. Sept. "	" " " "	1,0500
	Mittel	1,2624

b. Des Meerwassers.

Nach M a r c h a n d in 1 Liter Wasser, 2 Lieues vor dem Hafen von Fécamp geschöpft. 0,57 Milligr.,
 Nach B o u s s i n g a u l t in 1 Liter Wasser bei Dieppe geschöpft 0,20 "

i. Des Teichwassers.
Nach K n o p und W o l f.

Datum.		Im Liter. Milligr.
Am 15. April 1860	Das Wasser eines Teiches bei Möckern	2,05
" 15. Mai "	" " " " " "	1,07
" 15. Juni "	" " " " " "	1,22
" 28. Juli "	" " " " " "	1,30
" 15. Aug. "	" " " " " "	1,42
" 15. Sept. "	" " " " " "	1,00
	Mittel	1,34

k. Des Quellwassers.
α. Nach B o u s s i n g a u t.

Datum.		Im Liter. Milligr.
April	Wasser eines Brunnens von Eignancourt bei Montmartre	0,31
"	Wasser eines Brunnens in der Nähe des Hotel de Ville von Paris.	34,35
Mai	Wasser eines Brunnens in Paris (Quai de la Mégisserie)	33,86
"	Wasser eines Brunnens in Paris (Quai de la Mégisserie)	30,33
"	Wasser eines Brunnens in Paris (Rue du Parc-Royal)	1,32
"	Wasser eines Brunnens in Paris (Rue des Lavandières).	0,26
"	Wasser eines Brunnens in Paris (Rue de la Tabletterie)	0,10
April	Wasser eines Brunnens in Paris (Rue de Reuilly)	0,02
März	Wasser eines Brunnens bei Soujouer	0,03
April	" " " von Montargis	3,84
Juni	" " " des Gutes Huffel bei Haguenau	3,45
Juli	Wasser eines Brunnens des Gutes Merckwiller am Niederrhein	0,00
"	Wasser eines Brunnens des Gutes Bechelbronn am Niederrhein	0,06
Mai	Wasser eines artesischen Brunnens zu Grenelle	0,23
April	" einer Quelle bei Guermantes	0,00

Datum.		Im Liter. Milligr.
April	Wasser einer Quelle bei Andilly (Montmorency)	0,00
"	" von Arcueil, gen. bei Paris	0,07
"	" des Brunnens von Liebfrauenberg	0,03
"	" " " Selzbach	0,03
"	" der Schwefelquelle bei Enghien	2,00
"	" " Niederbronnerquelle, Niederrhein	0,88
	Wenn die ammoniakreichen und deshalb untrinkbaren Brunnen zu Paris außer Acht gelassen werden, so hat das Quellwasser durchschnittlich	0,18

β. Nach Knop und Wolf.

Beide Chemiker fanden in 9 Brunnen zu Möckern und 2 Brunnen zu Leipzig keine Spur von Ammoniak; in 2 andern Brunnen in Leipzig eine geringe nicht mehr in Zahlen ausdrückbare Menge.

1. Des Bodens.

Bezeichnung der Erden.	Ammoniak-Gehalt in % des wasserfreien Bodens.	Ammoniak in der 1' tiefen Ackerkrume eines preuß. Morg. Sollpfund.	Namen der Analytiker.
Sandboden von Frankenselde .	0,0010	26	Rammelsberg.
Wiesenerde aus der Wallachei .	0,0120	312	Wolf.
Walderde .	0,0263	683	ders.
Ackererde aus Hohenheim .	0,0059	153	ders.
Tabacksboden aus Cuba .	0,0180	468	Meyer.
Kalkboden bei München .	0,0220	572	ders.
Boden aus dem Oberbruch .	0,0058	152	Stöckhardt.
Untergrund desselben .	0,0045	117	ders.
Sandboden von Bordeaux .	0,0080	207	ders.
Guter Rübenboden von Magdeburg .	0,0260	676	Hellriegel.
Gemüsegarten bei Cöln .	0,0263	683	Grouven.
" " " Wickendorf .	0,0182	473	ders.
Mergelboden von Hossbell .	0,0118	306	ders.
Stark gedüngter Boden aus dem Versuchsgarten zu Heidelberg	0,0382	993	ders.
Ein leichter, wenig bindiger Sandboden	0,00077	16,4	Knop u. Wolf.

Bezeichnung der Erden.	Ammoniak-Gehalt in % des wasserfreien Bodens.	Ammoniak in der 1' tiefen Ackerkrume eines preuß. Morg Sollpfund.	Namen der Analytiker.
Walderde aus einem Buchenwalde Sandiger etwas humoser Lehmboden	0,00087	18,5	Knop u. Wolf.
Walderde	0,00012	2,6	dies.
Wiesenerde	0,00080	17,0	dies.
Wiesenerde	0,00017	3,6	dies.
Ackererde, in 22 Jahren nicht mit Stallmist gedüngt	0,0082	175,6	Handtke.
Ackererde, in 22 Jahren mit Stallmist gedüngt	0,0065	138,5	ders.
Ackerkrume eines Thonbodens	0,0293	624,0	Way.
" " Londoner Thonbodens	0,0182	387,7	ders.
Untergrund desselben, 1 $\frac{1}{2}$ —2' unter der Oberfläche	0,0085	181,0	ders.
Untergrund eines Lehmbodens, aus 4' Tiefe	0,0083	177,1	ders.
Untergrund eines Londoner Thonbodens, aus 3 $\frac{1}{2}$ ' Tiefe	0,0127	260,5	ders.
Ackerkrume eines lehmigen Sandbodens	0,0080	170,4	E. Heiden.
Moder von Kagenow, Vorpommern	0,233	4962,9	ders.

Anhang IV

Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Ammoniak und Salpetersäure. ¹⁾

¹⁾ Diese Untersuchungen sind dem Bericht der Central-Commission für das agricultur-chemische Versuchswesen des Königreichs Preußen an den Minister für die landwirthschaftl. Angelegenheiten entnommen.

Die Bestimmungen in Kuschen sind von Peters, die in Insterburg von Pincus und Köllig, die in Regenwalde von Ulbricht und Beyer, die in Proskau von Kropfer, die in Ida-Marienhütte von Bretschneider, die in Eldena von Scholz, die in Lauersfort von Karmrodt und die in Waldau von Mittelhäusen ausgeführt.

Tabelle I.
Gehalt eines Liters Regenwasser an Ammoniak (NH³) und Salpetersäure (NO⁵) in Milligrammen.

Monat und Jahr.	Auffsen.		Insterburg.		Regenwalde.		Proskau.		Sda-Marienhütte.		Ebdena.		Lauersfort.		Walbau	
	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	
1864.																
März	—	—	—	—	3,73	3,72	—	—						2,58	0,05	—
April	—	—	0,44	0,00	2,83	3,41	—	—						3,46	3,64	—
Mat	0,58	0,76	0,91	1,90	3,87	2,54	5,23	9,14						0,88	0,00	6,85
Juni.	0,56	0,85	0,81	1,89	3,61	2,76	5,04	10,61						0,57	fehlt	5,65
Juli.	0,46	0,62	0,58	0,54	2,59	3,47	3,23	2,47	1,42	2,54				1,08	27,99	1,95
August	0,50	0,72	0,51	0,50	1,93	3,34	2,43	3,86						4,30	2,77	1,60
September	0,73	0,43	0,36	0,19	1,57	2,07	5,39	10,37						2,30	fehlt	0,80
October	0,69	0,66	0,63	0,81	1,46	1,76	2,36	3,24								0,90
November	0,67	0,71	0,56	1,00	2,25	1,95	2,76	2,97								2,70
December	0,83	0,39	1,94	1,54	2,61	5,93	4,10	3,93								0,36
1865.																
Januar	0,95	0,44	1,66	3,90	1,76	5,35	4,88	5,63								
Februar.	0,74	0,49	1,13	4,56	4,55	5,86	4,21	6,13								
März	0,72	0,53	0,29	1,16	—	—	2,51	2,85	87,1	0,00						
April	0,63	0,83	—	—	—	—	8,38	13,00								2,90
Jahr	0,65	0,62	0,67	1,16	2,46	3,10	3,90	6,67	16,00	2,10						

Vom 15. April bis 17. Dec. 1864.

Vom 18. Dec. 1864 bis 15. April 1865.

Tabelle II.

Gesamte Stickstoffmenge, welche in Form von Salpetersäure und Ammoniak einem Morgen Landes in den einzelnen Monaten und im Jahre durch die meteorologischen Niederschläge zugeführt wird, in Grammen.

Jahr, Monat.	Insterburg.	Ruschen.	Regenwalde.	Proskau.
1864. März	—	—	516,5	—
April	14,1	—	514,4	—
Mai	127,2	17,1	359,8	730,3
Juni .	85,4	47,9	453,5	1208,0
Juli .	208,8	87,6	231,4	428,9
August .	163,8	26,0	737,5	495,4
September	46,7	107,2	284,8	1265,8
October	240,9	60,8	346,4	242,4
November	147,3	17,6	233,0	307,7
December	13,0	5,3	57,3	127,3
1865. Januar	433,8	67,0	316,8	346,3
Februar .	61,6	18,9	271,2	272,4
März	28,0	45,7	—	343,3
April	—	30,8	—	206,8
Jahr	1570,0	531,9	4312,8	5974,6

Tabelle IV.

Gesamt-Stickstoff pro Morgen in Grammen.

1865.	Ida= Marienhütte	Regen= walde.	Dahme.	Inster= burg.	Ruschen 1865.	Ruschen 1865.
Januar	108,2	316,8	84,5	433,8	67,0	16,6
Februar .	394,8	271,2	63,5	61,6	18,9	61,5
März	452,7	222,1	188,6	28,0	45,7	45,0
April	84,8	83,0	13,4	186,3	30,8	45,9
Mai	378,0	157,5	45,9	158,7	51,0	106,8
Juni	391,1	297,4	272,3	116,7	102,8	122,3
Juli .	304,9	341,3	133,7	110,2	85,3	120,0
August .	753,8	584,4	373,1	360,1	153,8	98,9
September	32,1	164,3	59,4	27,7	28,8	49,0
October .	215,7	164,6	240,5	144,2	68,7	7,0
November	139,5	100,3	395,9	33,7	44,7	92,2
December	122,6	543,0	31,7	49,5	26,1	97,7
Jahr	3378,2	3246,9	1902,5	1710,5	723,6	862,9

Tabelle III.
 Ueber den Gehalt des Regenwassers an Ammoniak (NH³) und Salpetersäure (NO⁵) für 1 Liter in Milligr.

Monat.	Lauerfort 1865.		Sda-Marienhütte 1865.		Regenwalde ²⁾ 1865.		Dahme 1865.		Aufschen ²⁾ 1865.		Aufschen 1866.		Inferburg ²⁾ 1865.	
	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵	NH ³	NO ⁵
Januar 1865	—	—	—	—	1,76	5,35	0,28	1,95	0,95	0,44	0,96	0,43	1,66	3,90
Februar	—	—	—	—	4,55	5,86	1,31	1,19	0,74	0,49	0,57	0,35	1,13	4,36
März	—	—	—	—	1,80	5,72	1,92	—	0,72	0,53	0,77	0,48	0,29	1,16
April	0,82	—	15.—30.	April	3,16	1,40	{ 0,44	1,63	0,63	0,83	0,90	0,86	3,79	1,85
			Keine	Keine	4,38	2,89			0,78	0,84	0,78	1,19	1,24	1,66
Mai	1,29	6,39	3,36	1,79	2,10	1,70	1,82	0,85	0,50	0,89	0,90	1,17	0,74	0,36
Juni	1,64	11,88	1,91	1,30	2,51	1,72	0,91	0,78	0,73	1,19	0,76	1,08	0,63	2,78
Juli	1,99	16,65	2,28	0,65	1,38	1,41	1,93	1,61	0,22	0,64	0,48	0,69	0,83	0,87
August	1,29	9,85	2,21	0,65	2,15	1,15	{ 2,79	1,75	0,65	0,87	0,77	0,83	0,89	0,40
September	1,26	—	{ 2,91	0,60	2,12	2,56			1,00	0,52	1,43?	1,59?	1,48	1,13
October	1,81	16,82	2,76	0,31	1,54	1,43	3,34	1,67	0,77	0,70	0,77	0,75	0,70	1,69
November	5,24	8,47	4,21	2,16	14,46	4,74	1,40	1,03	1,05	0,76	0,91	0,68	0,74	1,91
December.	3,73	6,51	2,72 ¹⁾	0,85 ¹⁾	2,42	2,49	1,72	1,16	0,56	0,72	0,74	0,82	1,06	1,63
Sahr	—	—	4,21	2,16	1,94	1,36	—	—	—	—	—	—	1,12	5,34
Januar 1866	—	—	4,50	0,84	1,28	0,66	—	—	—	—	—	—	0,58	2,08
Februar "	—	—	bis 15.	April	—	—	—	—	—	—	—	—	0,37	3,38
März "	—	—	{ 3,06	0,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
April "	—	—			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1) Für das Sahresmittel sind die Monate Januar bis April aus 1866 entlehnt.

2) Bei Regenwalde sind die Monate Januar und Februar, bei Inferburg die Monate Januar bis incl. März, bei Aufschen die Monate Januar bis incl. April 1865 aus dem früheren Berichte entlehnt.

Kapitel III.

Der Wasserstoff.

§ 54.

1. Die Quellen des Wasserstoffs.

Wie der Kohlenstoff und Stickstoff der Pflanzen nur aus Quellen stammen konnte, welche sich in deren unmittelbaren Umgebung befinden und welche allen Pflanzen zugänglich sind, so gilt dies auch vom Wasserstoff.

a. Das Ammoniak.

Eine Quelle für den Wasserstoffbedarf der Pflanzen haben wir schon im Ammoniak kennen gelernt, denn dies besteht ja aus Wasserstoff und Stickstoff und wird, wie wir gesehen haben, von den Pflanzen als solches assimilirt, somit wird durch das Ammoniak neben dem Stickstoff auch Wasserstoff in die Pflanzen eingeführt.

Der durch das Ammoniak eingeführte Wasserstoff genügt aber dem Bedürfnisse der Pflanzen an demselben nicht, denn

- a. bestehen die meisten organischen Bestandtheile der Pflanzen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und
- b. kommen im Ammoniak auf 82,35 Theile Stickstoff nur 17,65 Theile Wasserstoff.

Folgender Versuch von Boussingault möge ferner noch als Beweis des eben Gesagten dienen. Boussingault untersuchte den

Weizen in verschiedenen Entwicklungsstufen auf seine elementaren Bestandtheile und fand in Betreff des Wasserstoffs und Stickstoffs Folgendes:

	Wasserstoff. Kilogr.	Stickstoff. Kilogr.
Am 19. Mai enthielt der auf 1 Hectare befindliche Weizen	40,0	12,4
„ 9. Juni „ „ „ „ „ „ „	163,1	23,7
also Zunahme vom 19. Mai bis zum 9. Juni	123,1	11,3
Am 15. Aug. enthielt der auf 1 Hectare befindl. Weizen	317,3	42,0
also Zunahme vom 9. Juni bis zum 15. Aug.	154,2	18,3
und Zunahme vom 19. Mai bis zum 15. Aug.	277,3	29,6

Während also vom 19. Mai bis zum 15. Aug. 277,3 Kilogr. Wasserstoff assimilirt waren, sind dagegen nur 29,6 Kilogr. Stickstoff in Pflanzenmasse verwandelt worden. Der den 29,6 Kilogr. Stickstoff im Ammoniak entsprechende Wasserstoff beträgt, wenn aller Stickstoff in dieser Form aufgenommen wäre, nur 6,3 Kilogr., somit muß wenigstens der Rest, 271 Kilogr., aus einer anderen Quelle stammen.

b. Das Wasser.

Die andere Quelle für den Wasserstoff der Pflanzen aufzufinden, wird uns durchaus nicht schwer: diese ist das Wasser, welches bekanntlich aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht. Daß diese Quelle vollständig ausreichend für den Bedarf der Pflanzen an Wasserstoff ist, geht aus der so allgemeinen Verbreitung des Wassers auf unserer Erdoberfläche hervor.

§ 55.

Wird das Wasser von den Pflanzen zerlegt oder nicht?

Ob das Wasser theilweise in den Pflanzen zerlegt und der Wasserstoff desselben allein assimilirt, während der Sauerstoff ausgeathmet wird und so der von den Pflanzen ausgeathmete Sauerstoff zum Theil auch auf Kosten des Wassers komme, oder dasselbe nur als solches assimilirt wird, ist bis jetzt noch nicht mit völliger Sicherheit zu entscheiden.

Die Hauptvertreter der Ansicht, daß keine Zerlegung stattfindet, sind ältere Physiologen, wie Senebier, Saussure u. s. w. Die von Saussure zur Beantwortung der Frage angestellten Versuche können aber hier durchaus nicht entscheidend sein, wie eine kurze Besprechung derselben zeigen wird.

Saussure ließ Pflanzen während eines Monats unter mit an Kohlenäure freier Luft gefüllten Behältern vegetiren und untersuchte dann die in den Behältern befindliche Luft, wobei er fand, daß dieselbe an Sauerstoff nicht reicher geworden war. Da den Pflanzen bei diesen Versuchen aber auch der Kohlenstoff entzogen war, so können wir mit Sicherheit annehmen, daß ihre Vegetation in keiner Hinsicht eine normale gewesen ist, weshalb denn auch die Resultate ohne Beweiskraft für die gestellte Frage sind.

Die neueren Physiologen nehmen dagegen eine Zerlegung des Wassers an, wie v. Liebig, Johnston, Boussingault zc. Von diesen Forschern hat Boussingault directe Versuche zur Lösung der Frage angestellt, nach welchem die Zerlegung des Wassers sehr wahrscheinlich ist.

Boussingault wandte bei diesen Versuchen eine andere Methode als seine Vorgänger an. Er ließ nämlich verschiedene Pflanzen Monate lang in einem an organischen Stoffen freien Boden in atmosphärischer Luft wachsen; die Gefäße mit den Pflanzen befanden sich in einem mit Glasfenstern versehenen Pavillon. Am Schluß des Versuchs wurden die Pflanzen der Elementar-Analyse unterworfen und so die Menge des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs bestimmt, vorher war dieselbe Bestimmung mit Samen derselben Art und Beschaffenheit, resp. von ganz gleichen Pflanzen ausgeführt worden. Die Vergleichung der Stoffe, welche zu Anfang des Versuchs in den Samen, resp. Pflanzen vorhanden waren, mit denen, welche sich am Schluß desselben in den Pflanzen vorfanden, ergibt die während des Versuchs aufgenommene Menge derselben. Die Pflanzen hatten nun während des Versuchs mehr Wasserstoff aufgenommen, als im Vergleich mit dem assimilirten Sauerstoff dem Verhältnisse beider im Wasser entspricht, wie dies die folgenden Zahlen darthuen.

	Assimilirter Sauerstoff.	Assimilirter Wasserstoff.	Wasserbildender Wasserstoff.	Excedirender Wasserstoff.
Klee	1,226	0,176	0,153	0,023
Erbsen	1,237	0,215	0,155	0,060
Weizen . .	0,608	0,078	0,076	0,002
Versetzter Klee	0,444	0,097	0,055	0,042
Hafer	0,804	0,087	0,100	

Bei den vier ersten Versuchen beträgt die Menge des assimilirten Wasserstoffs mehr als für den assimilirten Sauerstoff zur Bildung von Wasser erforderlich ist; der Hafer allein macht hiervon eine Ausnahme. Bei den vier ersten Versuchen ist aber außer dem Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, auch Stickstoff assimilirt, was bei dem Hafer der Fall nicht war. Nehmen wir an, daß dieser Stickstoff sämmtlich in Form von Ammoniak assimilirt sei, so ist durch dasselbe den Pflanzen ebenfalls noch Wasserstoff zugeführt worden. Diese dem assimilirten Stickstoff zur Bildung von Ammoniak entsprechende Menge Wasserstoff reicht aber auch nicht hin,

um das Plus des assimilirten Wasserstoffs zu decken. Durch das Ammoniak würden an Wasserstoff aufgenommen sein

1. Versuch.	2. Versuch.	3. Versuch.	4. Versuch.
0,009	0,015	0,001	0,005,

somit bleibt noch mehr aufgenommener Wasserstoff:

1. Versuch.	2. Versuch.	3. Versuch.	4. Versuch.
0,014	0,045	0,001	0,037.

Dieses Plus an Wasserstoff läßt sich, da der Boden durchaus frei von organischen Verbindungen war, nicht gut anders erklären, als durch die Annahme, daß von den Pflanzen eine entsprechende Menge Wasser zerlegt, der Wasserstoff desselben assimilirt und der Sauerstoff ausgeathmet ist.

Die Annahme der Fähigkeit der Pflanzen Wasser zu zerlegen, hat aber auch durchaus nichts gewagtes, wenn wir bedenken, daß die Pflanzen die Kohlensäure, welche den Sauerstoff schwieriger als das Wasser abgiebt, zu zerlegen im Stande ist.

Wir können daher mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß die Pflanze das Wasser einerseits als solches aufnimmt und zum Aufbau ihrer vegetabilischen Substanz verwendet, andererseits dasselbe zerlegt, den Wasserstoff für sich assimilirt und den Sauerstoff desselben ausathmet.

Wir haben somit zwei Quellen für den Wasserstoff der Pflanzen kennen gelernt, nämlich das Ammoniak und das Wasser und können aus der so allgemeinen Verbreitung derselben, vor allem des letzteren, welches ja auch den Hauptbedarf der Pflanzen decken muß, mit Sicherheit entnehmen, daß der Landwirth für das Wasserstoffbedürfniß der Pflanzen durchaus nicht zu sorgen hat.

Kurze Wiederholung.

1. Die Quellen für den Wasserstoffbedarf der Pflanzen sind Ammoniak und Wasser.

2. Das Wasser wird von der Pflanze sowohl als solches assimilirt, als auch sehr wahrscheinlicher Weise zerlegt und dann der Wasserstoff für sich in Pflanzenmasse verwandelt.

3. Beide genannten Quellen reichen durchaus für den Bedarf der Pflanze an Wasserstoff aus, so daß der Landwirth für eine Zufuhr desselben nicht Sorge zu tragen hat.

Kapitel IV

Der Sauerstoff.

§ 56.

Der Sauerstoff unterscheidet sich von den bis jetzt betrachteten Elementen auf das Wesentlichste dadurch, daß er nicht nur als Material für die Stoffzeugung in den Pflanzen dient, sondern auch noch als directes Agens der vitalen, chemischen Prozesse in den Pflanzen von der größten Wichtigkeit ist.

1. Der Sauerstoff als Material für die Stoffzeugung in den Pflanzen.

a. Die Quellen für den Sauerstoffbedarf der Pflanzen.

Was zunächst die Auffuchung der Quellen für den Sauerstoff der Pflanzen anbetrifft, so hat uns die bisherige Betrachtung schon verschiedene derselben kennen gelernt, nämlich die Kohlensäure, die Salpetersäure und das Wasser.

Die Kohlensäure, aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehend, ist, wie wir gesehen haben, die Haupt-, wenn nicht die einzige Quelle für den Kohlenstoff der Pflanzen. Die Betrachtung der Aufnahme der Kohlensäure durch die Pflanzen zeigt uns, daß dieselbe in den Pflanzen zerlegt, daß der Kohlenstoff derselben assimilirt, dagegen der Sauerstoff zum Theil wieder abgegeben werde.

Wenn wir ferner beim Wasserstoff sahen, daß wahrscheinlicher Weise nicht aller von den Pflanzen abgegebener Sauerstoff von der Kohlensäure stamme, sondern daß das Wasser auch einen

Theil dazu beitrage, so genügt hier aber das Factum, daß die Pflanzen bedeutende Mengen von Sauerstoff abgeben, welches darthut, daß dieselben durch die Kohlensäure und das Wasser (resp. die Salpetersäure) wesentlich mehr Sauerstoff erhalten, als sie zum Aufbau ihres Organismus verwenden können. Aus dieser Thatsache geht hervor, daß wir uns nicht nach weiteren Quellen für den Sauerstoff der Pflanzen umzusehen brauchen.

§ 57

b. Menge des von den Pflanzen ausgeschiedenen Sauerstoffs.

Ueber die Menge von Sauerstoff, welche von den Pflanzen ausgeschieden wird, habe ich früher nichts specielleres angegeben, da es mir hierher mehr zugehören schien. Absolut genaue Angaben über die Menge des von den Pflanzen exhalirten Sauerstoffs lassen sich zwar nicht machen, jedoch aber solche, welche annähernd als die richtigen anzusehen sind.

Als Grundlage für die hier aufzustellende Rechnung benutze ich eine Arbeit von Boussingault, welche wir theilweise früher schon kennen gelernt haben. Boussingault hat die Menge von elementaren Stoffen, welche auf seinem Gute bei einer bestimmten Fruchtfolge jährlich auf dem Hektar erzeugt wird, bestimmt, und gefunden, daß bei der Fruchtfolge: Kartoffel, Weizen, Klee, Weizen mit Stoppelrüben, Hafer, in Form von Kartoffeln, Weizensamen und Stroh, Kleeheu, Hafersamen und Stroh eine organische Masse erzeugt war, welche in Kilogrammes besteht aus:

Kohlenstoff	Sauerstoff	Wasserstoff	Stickstoff
8383,1	7172,9	973,3	250,7.

Nehmen wir an, daß der assimilirte Kohlenstoff in Form von Kohlensäure, der assimilirte Stickstoff in Form von Ammoniak und der Rest von Wasserstoff, welcher nach Abzug des durch das Ammoniak in die Pflanze eingeführten verbleibt, als Wasser aufgenommen sei, so stellt sich die Rechnung folgendermaßen:

Zur Aufnahme von 8383,1 Kilogr. Kohlenstoff sind 30741,1 Kilogr. Kohlensäure mit 22358,0 Kilogr. Sauerstoff erforderlich; um 250,7 Kilogr. Stickstoff zu liefern, müssen an Ammoniak 304,4 Kilogr. assimilirt werden; diese enthalten 53,7 Kilogr. Wasserstoff; hiernach bleiben für den in Form von Wasser aufzunehmenden Wasserstoff 919,6 Kilogr. übrig; diese sind in 8276,4 Kilogr. Wasser enthalten, mit welchen zugleich 7356,8 Kilogr. Sauerstoff aufgenommen werden. Wenn wir jetzt diese Zahlen zusammenstellen, so erhalten wir:

Sauerstoff durch die Kohlen säure in die Pflanze eingeführt	22358,0 Kilogr.
" " das Wasser " " "	7356,8 "
	<hr/>
In Summa	29714,8 Kilogr.
die Pflanzen enthalten an Sauerstoff	7172,9 "

Somit wird an Sauerstoff abgegeben 22541,9 Kilogr.

Hierzu kommen ferner noch die in den Ernterückständen enthaltenen organischen Stoffe.

Die organische Substanz der Ernterückstände enthielt an:

Kohlenstoff	Sauerstoff	Wasserstoff	Stickstoff
1806,4	1433,3	207,2	50,5

Zur Assimilation dieser Stoffe wurde in die Pflanze an Sauerstoff eingeführt:

1806,4 Kohlenstoff:	6624,1 Kohlen säure mit	4817,7 Sauerstoff,
50,5 Stickstoff:	61,3 Ammoniak,	
196,7 Wasserstoff:	1767,6 Wasser mit	1571,2 "
	Summa des aufgenommenen Sauerstoffs	6388,9.
	Assimilirter Sauerstoff	. . 1433,3.
	Also ausgeschiedener Sauerstoff	4955,6.

Die Summe des gesammten ausgeschiedenen Sauerstoffs beträgt sonach 27497,5 Kilogr. Diese Zahl gilt für die fünfjährigen Erzeugnisse eines Hectars, somit würden durchschnittlich jährlich 5499,5 Kilogr. von dem auf einem Hectar wachsenden Pflanzen an Sauerstoff ausgeschieden, was für den Morgen 2806 Pfd. (= 22871 Kubikfuß bei 0°) macht.

Berechnen wir hiernach die auf der ganzen Erdoberfläche, diese zu 2000000 Quadratmeilen angenommen, von der auf derselben befindlichen Pflanzenwelt ausgeschiedenen Menge von Sauerstoff, so ergiebt dies 1247100 Millionen Ctr. Eine Vergleichung dieser Menge des erzeugten Sauerstoffs mit der auf pag. 69 für den Verbrauch desselben durch das Athmen der Menschen und Thiere, durch den Verbrennungs- und Verwesungs-Prozeß berechneten, welche 1256936 Millionen Ctr. ergeben hatte, zeigt eine Uebereinstimmung zwischen Verbrauch und Erzeugung von Sauerstoff, wie sie nicht besser gewünscht werden kann. Diese Uebereinstimmung in den beiden Rechnungen spricht gewiß in hohem Maße für die Richtigkeit der gewählten Grundlagen.

Zu dieser Rechnung muß noch bemerkt werden, daß die Annahme, daß der Kohlenstoff in Form von Kohlen säure von der Pflanze aufgenommen sei, wie wir früher gesehen haben, eine durchaus richtige ist; denn wenn auch geringe Mengen des Kohlenstoffs der Pflanzen von organischen Stoffen herrühren sollten, so kann dies die Rechnung nicht wesentlich alteriren. Etwas anderes ist es mit dem assimilirten Stickstoff; wir wissen, daß dieser in Form von Salpetersäure und Ammoniak aufgenommen

wird; hieraus folgt, daß die Rechnung hier nicht ganz genau ist; da aber nicht zu bestimmen ist, wie viel Stickstoff in Form von Ammoniak und wie viel in Form von Salpetersäure aufgenommen wird, so konnte der Rechnung nur eine von beiden Formen zu Grunde gelegt werden. Würde der Stickstoff nur in Form von Salpetersäure von der Pflanze aufgenommen, so wäre die Menge des von der Pflanze erhaltenen Sauerstoffs, eine wesentlich größere.

Obgleich wir, wie die obige Rechnung dargethan hat, in der Kohlensäure und dem Wasser so überaus reichliche Quellen für den Sauerstoffbedarf der Pflanzen besitzen, daß beide nicht nur dem Bedürfniß derselben nach Sauerstoff befriedigen, sondern daß sogar noch die Pflanze so bedeutende Menge von dem durch sie erhaltenen Sauerstoff abgeben kann, so müssen wir hier doch noch einer anderen Sauerstoffquelle gedenken, welche für das pflanzliche Leben ebenso unentbehrlich ist, wie z. B. die Kohlensäure: dies ist die atmosphärische Luft; die Bedeutung und Beziehungen derselben zum Pflanzenleben sollen in den jetzt folgenden Paragraphen besprochen werden.

§ 58.

2. Der Sauerstoff als directes Agens der chemisch vitalen Prozesse in den Pflanzen. — Athmung der Pflanzen.

Der Sauerstoff ist einer der wichtigsten Factoren der allgemeinen irdischen Stoff-Metamorphose: durch ihn vermag die Natur zu bilden und zu zerstören, zu erhalten und umzugestalten, das Lebendige zu fördern und aus dem Tode neues Leben hervorzurufen.

Ohne den Sauerstoff kann weder die Pflanze noch das Thier leben; ohne ihn bleiben die abgestorbenen Pflanzen und Thiere für immer todt; kurz ohne ihn ist überhaupt kein Leben, weder ein vor- noch ein rückwärts schreitendes möglich. Diese so hervorragende Rolle ist dem Sauerstoff durch seine so außerordentlich vielseitigen Beziehungen zu allen übrigen Stoffen gegeben.

Die Thätigkeit des Sauerstoffs bei dem Pflanzenleben beginnt, sobald wir den Samen zum Keimen in die Erde legen und dauert während des ganzen Lebens der Pflanze bis zur Fruchtreife fort. Um diese Thätigkeit des Sauerstoffs darzulegen, werde ich im Nachfolgenden kurz die Entwicklung der Pflanze vom Samen bis zur Fruchtbildung betrachten.

§ 59.

a. Das Keimen.

Schon *Malpighi*, welcher vor ungefähr 200 Jahren lebte, ferner *Boyle*, *Muschenbroeck*, *Boerhave* und *Homburg* wiesen nach, daß ohne atmosphärische Luft der Keimproceß nicht vor sich gehen könne. Als darauf der Sauerstoff entdeckt und als Bestandtheil der atmosphärischen Luft nachgewiesen war, erkannte man in dem Sauerstoff den wirksamen Bestandtheil der atmosphärischen Luft und jetzt wurde von *Charb*, *Jh. de Saussure*, *A. v. Humboldt* und Anderen dargethan, daß die Keimung nur in einer Luft vor sich gehen kann, welche freien Sauerstoff enthält.

Was die Menge von Sauerstoff anbetrifft, welche die Samen zum Keimen gebrauchen, so zeigte *Lefebure*, daß die Keimung in einer Luft, welche $\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{16}$ enthalte, ebenso gut, wie in atmosphärischer Luft vor sich gehe, ja daß sogar in einer Luft, welche nur $\frac{1}{32}$ Sauerstoff habe, noch ein Keimen möglich sei, wenn auch der Keimungs-Proceß dadurch verlangsamert werde. Diese Resultate habe ich durch meine Versuche bestätigt gefunden. Im reinen Sauerstoffgase geht aber die Keimung, wie schon von *Jh. de Saussure* angegeben wird, und wie ich durch viele Versuche ebenfalls gefunden habe, durchaus nicht schneller vor sich, als in atmosphärischer Luft.

J. Böhm hat bei Versuchen mit benezten Samen in reinem Sauerstoffgase von gewöhnlicher Dichte gefunden, daß dieselben über das erste Stadium der Keimung, der Keimentwicklung, nicht hinauskommen, aber ebenfogut, wie in atmosphärischer Luft gedeihen, wenn der Sauerstoff mit $\frac{2}{5}$ seines Volumens Wasserstoff oder mittelst der Luftpumpe bis auf einen einer 150 Mm. hohem Quecksilbersäule entsprechenden Druck verdünnt wird. Nach *Bert* verlangsamert zu starke Verminderung des Luftdruckes die Keimung der Art, daß dieselbe zwischen 4—5 Cm. ganz aufhört; gleiches gilt von höheren Druckverhältnissen (von 4—5 Atmosphären an). Das vom Verfasser über das Keimen im reinen Sauerstoffgase oben Angegebene bezieht sich ebenfalls nur auf das erste Stadium der Keimung.

Stickstoffoxydul kann nach den Versuchen von *A. Coffa*, nicht wie andererseits behauptet ist, den Sauerstoff beim Keimen ersetzen.

Die erste wahre Erklärung über die Wirkung des Sauerstoffs beim Keimen ist von *Jh. de Saussure* gegeben worden, welcher aus seinen Versuchen schließt, daß der Sauerstoff nicht von dem Samen verschluckt wird, sondern daß er zur Bildung von Kohlensäure mit dem Kohlenstoff der Samen dient, und daß der keimende Same, in der Berührung mit der atmosphärischen Luft, nicht aus seiner eigenen Substanz das kohlensaure Gas bildet, sondern daß er nur den Kohlenstoff liefert.

Sobald die Plumula, das Keimpflänzchen, entwickelt, ist

der Proceß ein umgekehrter: die Pflanze nimmt jetzt Kohlen- säure auf und haucht Sauerstoff aus. Dies findet jedoch nur statt, wenn die weitere Entwicklung der Pflanze unter der Ein- wirkung des Lichtes erfolgt; ist dieses ausgeschlossen, so geht der Proceß wie beim Keimen weiter: die Pflanze haucht Kohlen- säure aus und nimmt Sauerstoff auf, wie dies ja aus der Art der Assimilation der Kohlen- säure folgt. Directe Versuche hier- über sind von Boussingault angestellt worden, der aus den- selben Folgendes schließt.

In völliger Dunkelheit wirkt nur die zerstörende Kraft und die Pflanze entwickelt, indem sie wächst, Kohlen- säure und lebt nur so lange, als der in den Samen enthaltene Kohlenstoff anhält.

Von den Versuchen Boussingault's theile ich hier Folgendes mit: 10 Erbsen, 2,237 Grm. Trockensubstanz enthaltend, keimten im dun- keln Zimmer vom 5. Mai an und wuchsen schnell geil auf; sie waren blaßgelb, legten sich, als sie 15 Centimeter hoch waren, um, wuchsen aber fort bis zum ersten Juli, wo eine derselben zu welken begann; die Wurzeln waren 1 Meter lang.

	Kohlen- stoff	Wasser- stoff	Sauer- stoff	Stick- stoff	Asche
Die Samen enthielten	1,040	0,137	0,897	0,094	0,069
Die Pflanzen „	0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Also Verlust	0,567	0,072	0,500	0,022	—

Somit betrug während des Wachsthum's der Verlust 52,9%, bestehend in Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff.

46 Weizenkörner, Vegetation vom 5 Mai bis zum 25. Juni; die Pflanzen gelblich weiß, 2—3 Decimeter lang.

	Kohlen- stoff	Wasser- stoff	Sauer- stoff	Stick- stoff	Asche
Die Samen enthielten	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
Die Pflanzen „	0,493	0,043	0,282	0,057	0,038
Also Verlust	0,265	0,052	0,436	—	—

Also Totalverlust an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff = 42%.

Um 26. Juni wurden 2 Bohnen gesät; A. befand sich im dunkeln Zimmer bei 25—30° C.; B. an der Luft. Um 22. Juli war A. 44 Centi- meter lang und hatte an der Basis 5 Millimeter Durchmesser und 8—9 Centimeter lange Wurzeln. B. war 22 Centimeter lang, hatte 8 schöne, grüne Blätter und 5 verwelkte Cotyledonen. Die Analyse ergab:

	Gewicht	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Asche
A. { Same	0,926	0,4082	0,0563	0,3747	0,0413	0,0455
	Pflanze	0,566	0,2484	0,0331	0,1981	0,0408
Verlust	0,360	0,1598	0,0232	0,1766	0,0005	—
B. { Same	0,922	0,4064	0,0560	0,3730	0,0411	0,0455
	Pflanze	1,293	0,5990	0,0760	0,5321	0,0407
Zunahme	0,371	0,1926	0,0200	0,1591	-0,0007	—

Bei A. also ein Totalverlust von 38,8%, bestehend in Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff und bei B. eine Zunahme von 40,2%, bestehend in Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der letzte Versuch zeigt den Einfluß des Lichtes auf die Pflanze sehr schön.

Welche Prozesse gehen im Innern des Samens beim Keimen vor sich?

Ebenso nothwendig wie der Sauerstoff sind Wasser und Wärme für den Keimungs-Proceß. Der erste Act der Keimung ist die Aufnahme von Wasser, welches nach meinen Versuchen durch die ganze Oberfläche des Samens und nicht nur durch den Keimmund, wie unter Andern von de Candoile angegeben ist, in den Samen eintritt. Das durch die Oberfläche des Samens eintretende Wasser bringt zuerst in die stickstoffhaltige Stoffe führenden Randzellen und in den Embryo und von da in den innern Theil des Samens, welchen bei den Cerealien und Leguminosen die vor Allem Stärkemehl führenden Zellen, bei den Cruciferen die vor Allem Del enthaltenden Zellen ausmachen. Durch die Wasseraufnahme schwillt das Samenthorn an. Mit dem Wasser tritt zugleich Sauerstoff in den Samen. Wie viel Wasser in den Samen getreten sein muß, bevor der Sauerstoff seine Thätigkeit beginnen kann, ist bis jetzt noch nicht bekannt.

Was die Zeit anbetrißt, in welcher die einzelnen Samen keimen, so ist diese eine sehr verschiedene; nach R. Hoffmann gelangen die Samen der verschiedenen Pflanzen in folgenden Zeiten zum Keimen: In 24 Stunden: Leindotter, Hanf, weiße Rüben; in 48 Stunden: Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Buchweizen, Wicke und Mohn; in 72 Stunden: Saubohnen; in 96 Stunden: Mais, Hirse; in 120 Stunden: weiße Bohnen; Zuckerrüben erst in 10 Tagen. Hierzu bemerke ich, daß die Zeit zwischen dem Anfang der Wasseraufnahme u. s. w. und dem Hervortreten des ersten Würzelchens bei den Samen derselben Frucht durchaus nicht dieselbe ist, sondern daß hierbei verschiedene Factoren, wie Größe, Alter und Gestalt influiren. Bei der Gerste z. B. keimt nach meinen Versuchen *Hordeum*

distichum und Hexastichon in 3—4 Tagen, H. d. nudum und H. v. nudum in 3—5 Tagen, H. zeocriton in 4—7 Tagen und H. vulgare in 4—12 Tagen; ebenso ist die Zeit des Hervortretens der Plumula bei der Gerste eine verschiedene, so im Durchschnitt bei H. distichum, H. d. nudum und H. v. nudum in 7 Tagen, bei H. hexastichon in 8 Tagen, bei H. zeocriton in 9 Tagen und bei H. vulgare in 10 Tagen. Ferner finden Verschiedenheiten bei dem Hervorkommen des ersten Blattes aus der Blattscheide statt; bei H. zeocriton geschieht dies in $3\frac{1}{2}$ Tagen; bei H. distichum und vulgare in 4 Tagen, bei H. hexastichon in 5 Tagen, bei H. v. nudum in 6 Tagen und bei H. d. nudum in 7 Tagen.

§ 60.

Was zunächst die äußeren Erscheinungen beim Keimen anbetrifft, so haben wir bis jetzt schon die Bildung von Kohlensäure kennen gelernt. Ferner beobachten wir ein Freiwerden von Wärme, was von den verschiedenen Beobachtern verschieden erklärt worden ist.

Sehen wir hier von den älteren Ansichten ab, so behauptet Göppert, daß die Wärmeentwicklung nur durch die Lebenskraft der Pflanzen vermittelt werde, was er durch Versuche mit Weizen darzuthun versuchte. Nach ihm ist die Zuckerbildung bei dem Stärkemehl führenden Samen nur das Resultat des lebendigen, organischen Proceßes, folglich auch die hierbei stattfindende Wärme nur durch die Lebenskraft der Pflanze vermittelt. Wenn Göppert nun ferner anführt, daß bei den gekeimten Samen die Verwandlung des Stärkemehls in Zucker wo nicht völlig, so doch größtentheils geschehen sei, so ist diese Behauptung, wie z. B. die Versuche von Dudenans und mir darthun, nicht richtig. Ich fand z. B. noch Stärkemehl in den Resten der Samen von Gerstenpflanzen, welche 4 Wochen alt waren, was beweist, daß die Verwandlung des Stärkemehls nur sehr langsam vor sich geht. Hieraus folgt, daß der Verbrennungsproceß in dem ersten Stadium der Entwicklung (bis zum 8. Tage) noch nicht, wie Göppert meint, fast vollständig vorüber sei.

Das Freiwerden von Wärme beim Keimen der Samen wird aber mit viel mehr Recht in die Reihe der chemischen oder Gährungs-Proceße verwiesen, wie dies auch von den neueren Physiologen fast allgemein angenommen wird, als sich hier, z. B. bei den Stärkemehl führenden Samen, wie bei vielen andern, künstlich veranlaßten Vorgängen, Zucker vermittelst der Einwirkung der Eiweißstoffe auf das Stärkemehl bildet. Die Umänderungen, welche im keimenden Samen vor sich gehen, sind sicherlich

chemischer Natur, wie nun bei jedem chemischen Prozesse Wärme frei wird, so geschieht dies auch bei den Umsetzungen im keimenden Samen; wir haben daher die Wärmeerzeugung nicht allein auf die Verwandlung des Stärkemehls in Zucker zc., des Dels in Stärkemehl, Zucker zc., sondern auch auf Rechnung der Um-
setzung der übrigen Stoffe, z. B. der Eiweißstoffe, zu setzen.

Neuere Versuche von J. Wiesner zeigen, daß die Wärmeentwicklung vor der Kohlensäurebildung eintritt, daß somit die Kohlensäurebildung nicht die einzige beim Keimacte betheiligte Wärmequelle ist. Eine weitere Wärmequelle ist nämlich in der Wasseraufnahme der Samen zu suchen. Die mit Wasser in Berührung kommenden Samen verdichten das in ihre Gewebe eintretende Wasser, wobei Wärme frei wird. Die ersten beim Keimacte frei werdenden Wärmemengen werden wohl bloß durch diese Wasserverdichtung hervorgerufen.

Wiesner beobachtete z. B. beim Hanf (Samenmenge $\frac{1}{2}$ Kilo) bereits am 2. Tage eine Temperaturerhöhung um $0,2^{\circ}$ C., am 3. eine um $0,4^{\circ}$ C., am 4. eine um $0,7^{\circ}$ C., am 5. eine um $1,1^{\circ}$ C., während am 5. Nachmittags von 200 gesunden Hanfssamen erst 1 Milligr. Kohlensäure entwickelt wurde. Bei der Gerste (Samenmenge $\frac{1}{3}$ Kilo) fand am 3. Tage eine Wärmeerhöhung um $0,1^{\circ}$ C., am 4. um $0,4^{\circ}$ C., am 5. um $0,5^{\circ}$ C., am 6. um $0,6^{\circ}$ C., am 7. um $1,0^{\circ}$ C., an welchem Tage die erste Kohlensäureentwicklung Nachmittags beobachtet wurde. (100 Samen, Kohlensäuremenge 4,5 Milligr.) Zum Beweise dafür, daß die Wasserverdichtung im Samen die Ursache der ersten Wärmeentwicklung ist, befeuchtete Wiesner Mehl von Hanfssamen (25 Grm.) mit destillirtem Wasser und fand, daß bei 5 Versuchen fast augenblicklich die Temperatur um $0,8$ bis $1,5^{\circ}$ C. stieg; ähnliches war bei Gerstenmehl der Fall.

§ 61.

Das aufgenommene Wasser und der Sauerstoff wirken bei den Stärkemehl führenden Samen zunächst auf die Eiweißstoffe ein; diese erleiden dadurch eine Umsetzung und erlangen die Fähigkeit, das eingeweichte Stärkemehl in Dextrin und Traubenzucker umzuwandeln. Das aus dem Stärkemehl gebildete Dextrin und der Zucker dienen mit einem Theil der Eiweißstoffe zur Ernährung des jungen Pflänzchens. Aus den stickstofffreien Körpern wird Cellulose gebildet, dieses enthält weniger Kohlenstoff als der Zucker, somit muß letzterer, um in Cellulose übergeführt werden zu können, Kohlenstoff und Wasser abgeben, der Kohlenstoff tritt als Kohlensäure mit dem Wasser aus dem Samen.

Als Nebenproduct des Stoffwechsels bei der Keimung tritt, wenigstens öfters, freie Säure und auch nach de Bries (bei rothem Klee) ein Gerbstoff auf.

Bei der Umwandlung resp. Zersetzung, welche die Protein-körper erleiden, finden wir häufig Asparagin und Ammoniak. Das Auftreten von Asparagin bei der Keimung ist unter Anderen von Boussingault, Pfeffer, Sachsse, Laszkovsky, Cossa, de Bries und Anderen nachgewiesen, jedoch ist anzunehmen, daß nicht alle keimenden Samen diesen Körper bilden. Ammoniak ist nach den Versuchen von Hofäus bereits im ruhenden Samen enthalten und wird ferner nach Hofäus beim Keimen gebildet, was Laszkovsky in Betreff des Kürbissamen bestätigt gefunden hat.

Die Bildung von Ammoniak beim Keimen der Samen könnte dafür Zeugniß ablegen, daß ein Stickstoffverlust durch Abgabe von Ammoniak stattfände, wie ein solcher von mehreren Forschern, wie Thomson, Schleiden, Peters, M. Schulz und Anderen beobachtet ist. Ich sagte, „könnte“, denn daß eine Abgabe von Ammoniak nicht vor sich zu gehen braucht und auf diese Weise ein Stickstoffverlust eintrete, beweisen die Versuche von Laszkovsky, bei welchen die Bildung von Ammoniak nachgewiesen und doch ein Stickstoffverlust nicht stattgefunden hatte. Es erklärt sich dies durch die Bindung des Ammoniaks vermittelt der bei dem Keimen auftretenden Säure.

Da von den meisten Forschern dargethan ist, daß der absolute Stickstoffgehalt des Samen beim Keimen unverändert bleibt, so müssen wir, bis weitere schlagende Beweise für einen Stickstoffverlust gewisser Samen geliefert werden, bestimmt annehmen, daß beim Keimen ein Stickstoffverlust nicht eintritt.

Außer Asparagin ist in den Kürbiskeimlingen von E. Schulze und Barbieri Glutamin und Tyrosin und in den Wickenkeimlingen von v. Gorup-Besanez und Cossa Leucin und von Ersterem Glutamin nachgewiesen worden. Es ist daher wohl nicht mehr zu bezweifeln, daß, wie beim thierischen, so auch beim pflanzlichen Stoffwechsel, Leucin, Tyrosin, Asparagin und Glutamin die nächsten krystallinischen, stickstoffhaltigen Spaltungs-Derivate der Eiweißkörper sind.

Zur näheren Characterisirung der chemischen Vorgänge beim Keimen der Stärkemehl führenden Samen mag folgender kurzer Auszug aus der mit der äußersten Sorgfalt angestellten Arbeit von Sachsse über das Keimen der Erbsen dienen.

Sachsse stellte sich die Frage, ob sich Beziehungen finden lassen, zwischen dem Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, den die Samen beim Keimen verlieren und der dabei verschwundenen Stärke, welche Frage er für die beiden ersten Perioden des Keimungsprocesses zu beantworten versuchte. Als erste Periode bezeichnet er die Zeit, in welcher der Samen durch Wasser-

aufnahme aufquillt und das hypocotyle Glied und die Hauptwurzel stark entwickelt (zusammen bis 2,5 Centimeter), während das erste Stengelglied sich noch zwischen den Cotyledonen befindet. Dieser Zustand wurde in 114 Stunden erreicht. Als 2. Periode ist die Zeit bezeichnet, in welcher das erste Stengelglied sich stark streckt und die erste Blattknospe in der Entfaltung begriffen ist, bei gleichzeitiger weiterer Verlängerung der Hauptwurzel und Entstehung von Nebenwurzeln 1. Ordnung. Zeit 184 Stunden.

Sachse bestimmte zunächst durch eine Reihe von Versuchen einerseits die freiwerdende Kohlensäure und andererseits die restbleibende Trockensubstanz und erhielt hier, wenn 1. die Menge Kohlenstoff bezeichnet, welche 100 Grm. Trockensubstanz beim Keimen als Kohlensäure verlieren; 2. die Menge der hierbei zurückbleibenden Trockensubstanz; 3. die Summe der letzteren und des ausgeathmeten Kohlenstoffs; 4. die Differenz, welche zwischen den unter 3 aufgeführten Werthen und 100 besteht:

I. Periode, Dauer des Versuchs 114 Stunden.

	1.	2.	3.	4.
1. Versuchsreihe	1,56.	95,41.	96,97.	3,03.
2. "	1,46.	95,27.	96,73.	3,27.
3. "	1,62.	95,09.	96,71.	3,29.
Mittel:	1,55.	95,26.	96,80.	3,20.

II. Periode, Dauer des Versuchs 184 Stunden.

	1.	2.	3.	4.
4. Versuchsreihe	3,15.	91,38.	94,53.	5,47.
5. "	3,20.	91,77.	94,97.	5,03.
6. "	3,48.	91,51.	94,99.	5,01.
Mittel:	3,28.	91,55.	94,83.	5,17.

Ferner führte Sachse eine bedeutende Anzahl von organischen Elementar-Analysen ungekeimter und gekeimter Erbsen der 2 Perioden aus, um so weiter auf diesem Wege die verschwundenen Mengen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu ermitteln.

Diese Versuche ergaben die folgenden Mittelzahlen:

	Ungef. Erbsen:	Gekeimte Erbsen:	
		I. Periode.	II. Periode.
Kohlenstoff	46,280.	46,25.	46,41.
Wasserstoff	6,340.	6,38.	6,28.
Stickstoff	3,815.	4,00.	4,10.
Sauerstoff	40,517.	40,18.	39,89.
Aaschenbestandtheile	3,048.	3,19.	3,32.
	100,000.	100,00.	100,00.

Aus diesen Zahlen berechnet sich, mit Zuhilfenahme der direct angestellten Versuche, daß bis zur 1. Periode 96,58 % und bis zur 2. Periode 92,54 % Trockensubstanz zurückgeblieben sein müssen.

Die nicht zu leugnende ziemlich bedeutende Differenz zwischen den auf den 2 Wegen gefundenen Werthen der rückständigen Trockensubstanz, erklärt sich durch die mannigfachen Umwege, die zu ihrer Feststellung geführt haben. Durch Anbringung der erforderlichen Correcturen, welche hier nicht näher dargelegt werden können, gelangt Sachse zu einem Werthe der zu-

rückgelassenen Trockensubstanz von 96,58 % für die 1. Periode und von 92,54 % für die 2. Periode, die er kurz die corrigirten Trockensubstanzen nennt.

Unter Zuhilfenahme dieser Zahlen berechnet sich für die zwei Perioden der Verlust an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, wie folgt:

	I. Periode.	II. Periode.
Kohlenstoff	1,61 Grm.	3,34 Grm.
Wasserstoff	0,18 "	0,53 "
Sauerstoff	1,71 "	3,60 "

Zur Beantwortung des 2. Theils der Frage war die Bestimmung der näheren Bestandtheile des Samens nothwendig. Im Mittel zum Theil vieler Bestimmungen sind die näheren Bestandtheile der ungekeimten und gekeimten Erbsentrockensubstanzen der 2 Perioden, wenn die gefundenen Zahlen zugleich auf die corrigirte Trockensubstanz umgerechnet werden, wie folgt, ermittelt worden:

	100 Grm. ungekeimte Erbsentrockensubstanz enthalten:	Die nach Periode 1. rückständigen 96,58 Grm. enthalten:	Die nach Periode 2. rückständigen 92,54 Grm. enthalten:
Fett	2,27	2,24	2,03
Dextrin	6,50	5,03	5,41
Stärke	42,11	37,78	33,00
Stärke*	0,33	0,32	0,43
Cellulose	7,13	7,87	8,10
Unbestimmte Stoffe	13,76	15,36	15,74
Proteinstoffe	23,84	23,84	23,71
Aſche	4,08	4,08	4,08
	100,00	96,52	92,50

Die Zahlen zeigen, daß während der I. Periode 4,34 Grm. und während der II. Periode 4,67 Grm. Stärke als solche in dem Samen verschwunden und in andere Verbindungen übergeführt sind.

Die 4,34 Grm. Stärke enthalten 1,93 Grm. und die 4,67 Grm. 2,09 Grm. Kohlenstoff; die corrigirten Werthe des ausgeathmeten Kohlenstoffs betragen 1,61 und 1,73. 1,93 Grm. verhalten sich zu 1,61 Grm. Kohlenstoff = $C_{12} : C_{10,001}$ und 2,09 Grm. : 1,73 Grm. Kohlenstoff = $C_{12} : C_{9,195}$.

Als Antwort auf die gestellte Frage ergibt sich somit, daß das Verhältniß zwischen dem ausgeathmeten Kohlenstoff und Sauerstoffeinerseits und zwischen dem Kohlenstoff und der verschundenen Stärke andererseits während der beiden ersten Stadien des Keimproceſſes ein constantes ist und zwar, 1. daß auf 12 Atom Kohlenstoff, welche während dieser Zeit aus ihrer Verbindung als Stärke in andere Verbindungen übergehen, 10 Atom Kohlenstoff als Kohlenſäure; 2. daß auf diese 10 Atom Kohlenstoff während derselben Zeit 8 Atom Sauerstoff ausgeathmet werden.

Die Arbeit von de Bries, Keimungsgeschichte der Kartoffelknollen, sei des Raumes wegen hier nur kurz genannt.

Ueber die Keimung der ölführenden Samen liegen mehrere Arbeiten vor, so die chemischen von Peters und Laszkovsky und die mikro-chemischen von Sachsse und de Bries. (Letzterer studirte die Keimungsgeschichte des rothen Kleesamens und des Kartoffelsamens.)

Die Arbeiten dieser Forscher zeigen, daß das Del entweder direct in Stärke oder in Zucker übergeführt wird. Beim weiteren Verlauf der Keimung geht dann die Stärke in Zucker und dieser in Cellulose über, d. h. in den Stoff, welcher die Wandungen der Zellen bildet und deshalb für das Wachsthum des Pflänzchens unentbehrlich ist.

Um die Verwandlung des Dels in Stärkemehl, Zucker, Dextrin und Cellulose, sowie den Gasaustausch beim Keimen der ölführenden Samen zu zeigen, führe ich die Haupt-Resultate der Peters'schen und Laszkovsky'schen Untersuchungen an, welche sich beide gegenseitig schön ergänzen.

Peters untersuchte die Pflanzen (Kürbis) in 3 Entwicklungsstadien:

A. Hauptwurzel 2—4 Centim. lang, keine Nebenwurzeln.

B. Die ersten 5—6 Nebenwurzeln bis auf 2—3 Centim. Länge gestreckt.

C. Die Cotyledonen ausgebreitet, sehr groß, blattartig und grün, fast fertig gestreckt. Das erste eigentliche Blatt fängt an sich zu entwickeln. Die Pflanze beginnt ihr selbständiges Leben.

Die angeführten Zahlen beziehen sich auf 1000 Exemplare.

Bestandtheile.	Ungekeim. Same.	Keimpflanzen		
		A.	B.	C.
Del	136,65	103,51	56,43	12,98
Zucker	Spur	3,81	9,48	12,80
Gummi	"	2,56	3,55	6,13
Stärke	0	8,89	17,50	6,63
Zellstoff	8,34	9,33	12,23	21,20
Proteinstoffe	110,07	109,60	98,33	94,62
Mineralstoffe	14,08	14,14	14,57	18,06
Extractivstoff, Bitterstoff, Pectinstoffe u.	6,86	22,96	33,01	43,48
Gesammtgewicht	276,00	274,80	245,10	215,40

Laszkovsky, welcher ebenfalls die Keimung der Kürbissamen zum Gegenstande seiner schönen Untersuchungen machte, schlug die beiden bis jetzt

zur Ermittlung des Gasaustausches beim Keimen betretenen Wege ein: er ließ die Samen in einer begrenzten Atmosphäre keimen und bestimmte dann deren Zusammensetzung nach der Keimung und unterwarf ferner die Samen vor und nach dem Keimen der organischen Elementaranalyse. Zur Feststellung der beim Keimen entstehenden Gase wurden im Ganzen 18 Versuche ausgeführt und bei diesen die Zeitdauer, die Temperatur und die gebildete Kohlensäure genau festgestellt. Von diesen Versuchen führen wir hier die Resultate zweier auf, die sich durch die bei denselben angewandte Keimungstemperatur unterscheiden.

Verſuch I. 19 Samen, 8030 Mgrm. Trockensubstanz.

Vom 2. Decbr. 2 Uhr bis 11. Decbr. 2 Uhr. 216 Stunden.

Monat und Datum	Stunde der Wägung	Zahl der Stunden seit Beginn des Versuches	Temperatur	Die nach der letzten Wägung gebildete Kohlensäure. Mgrm.	Die seit Beginn des Versuches gebild. Kohlensäure	Die nach der letzten Wägung gebildete Kohlensäure. auf 10 Grm. unger.	Die seit Beginn des Versuches gebild. Kohlensäure umger. auf 10 Grm. Samen
Dec. 3.	2	24	13—16°	29	—	36	—
4.	6	52	"	49	78	60	96
5.	2	72	"	51	129	64	160
6.	3	97	"	75	204	93	253
7.	5	123	"	88	292	109	362
8.	5	147	"	119	411	148	510
9.	7	173	"	174	585	216	726
11.	2	216	"	291	876	362	1088

Verſuch V. 19 Samen, 5909 Mgrm. Trockensubstanz.

Vom 16. März 12 Uhr bis 24 März 12 Uhr. 192 Stunden.

Monat und Datum	Stunde der Wägung	Zahl der Stunden seit Beginn des Versuches	Temperatur	Die nach der letzten Wägung gebildete Kohlensäure. Mgrm.	Die seit Beginn des Versuches gebild. Kohlensäure	Die nach der letzten Wägung gebildete Kohlensäure. auf 10 Grm. unger.	Die seit Beginn des Versuches gebild. Kohlensäure umger. auf 10 Grm. Samen
März 17.	1	25	25	41	—	68	—
18.	2	50	25	145	186	246	315
19.	12	72	27	214	390	362	677
20.	1	97	28	347	737	587	1264
21.	1	121	28	326	1063	552	1816
22.	12	144	28	300	1363	507	2323
23.	12	168	26	366	1729	619	2942
24.	12	192	27	382	2111	646	3588

Ferner versuchte Laszkovsky das während der Keimung gebildete Wasser zu bestimmen. Ohne die hierbei angewandte Methode näher darzulegen, führe ich auf der folgenden Tabelle mit der Bemerkung, daß bei der Schwierigkeit, welche die Bestimmung des Wassers hat, Laszkovsky selbst ausdrückt, daß die gewonnenen Resultate mit einem gewissen Vorbehalte aufzunehmen seien, diese an:

Temperatur in °	Menge des gebild. Wassers Mgram.	Die Zahlen von 2 auf 10 Grm. trockenen Samen be- rechnet Mgram.	Die während der Keimung von 10 Grm. trock. Samen gebildete Kohlensäure Mgram.	Trockengewicht der gekeimten Samen in % des ursprüng- lichen Trocken- gewichts	Verhältniß des gebildeten Wassers zur entwichenen Kohlensäure
16	31	43	408	98,82	
11—17	236	442	1064	97,69	1 : 2,40
16—25	601	865	2101	97,09	1 : 2,45
16	810	1228	2488	92,23	1 : 2,00
25—27	146	245	1212	96,47	1 : 4,94
25	236	392	1247	97,28	1 : 3,23
26—30	397	621	1481	97,54	1 : 2,38
25—32	864	1223	2783	95,32	1 : 2,27

Die ferner von Laszkovsky angewandte organische Elementaranalyse, durch welche vor Allem festgestellt werden sollte, ob der Kohlenstoff und Wasserstoff nur in Form von Kohlensäure und Wasser, wie dies von den meisten Forschern bis jetzt ausgesprochen ist (Sausure, Dudesman und Rauenhoff, Sachs u. a.), oder auch in Form von Kohlenwasserstoff und Wasserstoff (Fleury und Schulz) entweichen, ergab die auf der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate.

Ver- such	Tem- peratur in °	Verlust an		Gewinn an Sauerstoff	Wasserstoff : Kohlenstoff (Wasserstoff = 1)	Sauerstoff : Kohlenstoff Sauerstoff = 1)
		Kohlen- stoff	Wasser- stoff			
VI	16	120	+3	—28	—	—
III	11—25	554	60	382	9,2	1,4
VII	16	878	126	384	7,0	2,3
IV	16—22	843	95	498	8,8	1,7
IX	25	397	64	265	6,3	1,5
X	25—32	851	107	353	7,9	2,4
V	25—28	937	158	539	6,0	1,7

Werden die bei dieser Arbeit möglichen Fehlerquellen mit in Betracht gezogen, so lassen die Versuchs-Resultate auch nur die Deutung zu, daß Kohlenstoff und Wasserstoff in Form von Kohlensäure entweichen; eine Ausnahme hiervon macht der Versuch VII, bei welchem aber eine merkliche Fäulniß des Samen eingetreten war.

Vaskovsky hat dann noch die näheren Bestandtheile der ungekeimten und gekeimten Samen bestimmt.

Ich führe hier die Resultate der Versuche VI und IV auf, bei VI hat der Same vom 30. April bis zum 5. Mai (6 Tage) und bei IV vom 1.—14. März (14 Tage) gekeimt.

	Ungekeimte Samen	6 Tage lang gekeim. Samen	14 Tage
Fett	54,56	52,16	33,54
Zucker	—	0,50	1,32
Dextrin	1,02	0,93	2,61
Stärke	—	Spur	2,02
Cellulose	0,86	0,93	3,54
Proteinstoffe	36,25	39,26	38,06
Asche	3,02	3,05	3,14
Verschied. Stoffe	4,29	3,74	15,78
	100,00	100,00	100,00

Diese Zahlen zeigen zunächst die bei der Keimung stattfindenden chemischen Veränderungen der stickstofffreien Bestandtheile der Samen, während sie für die Proteinstoffe noch nichts andeuten. Diese bleiben aber, wenn auch ein Stickstoffverlust nicht eintritt, doch nicht intact, sondern hier finden die betreffenden chemischen Prozesse wohl ebenso tief, als bei den stickstofffreien Bestandtheilen statt. Es wird die Umwandlung des unlöslichen Proteins in die lösliche Modification und dann die Oxydation der Eiweißstoffe eintreten; zu den Oxydations-Producten derselben gehört am gewöhnlichsten das Asparagin.

Die Hauptresultate seiner Arbeit faßt Vaskovsky wie folgt zusammen:

1. „Die bei der Keimung der Kürbissamen entwickelten Kohlensäuremengen hängen von der Temperatur, der Trockensubstanz der Samen und der Dauer der Keimung ab. Sind uns diese auf die Entwicklung der Kohlensäure einwirkenden Momente bekannt, so können wir a priori die Menge der gebildeten Kohlensäure hinlänglich genau bestimmen.“

2. „Eine Erhöhung der Temperatur bewirkt eine sehr verstärkte Kohlensäureentwicklung.“

3. „Bei der Keimung bildet sich Wasser, und scheint bei niedrigen Keimungstemperaturen die Menge des gebildeten Wassers verhältnißmäßig größer zu sein.“

4. „Zwischen dem entwichenen Kohlen- und Wasserstoff scheint kein constantes Verhältniß zu bestehen.“

5. „Kohlensäure und Wasser sind die einzigen Verbindungen, in welchen der Kohlenstoff und der Wasserstoff die normal keimenden Samen verlassen. Die Menge des Stickstoffs bleibt bei der Keimung unverändert.“

6. „Zwischen dem verschwundenen Fette, der gebildeten Cellulose und der Kohlensäure ergeben sich scheinbar konstante Verhältnisse.“

7. „Die Bildung des Asparagins*) bei der Keimung des Kürbissamens ist wahrscheinlich, und scheint die Bildung desselben von der Temperatur abhängig zu sein.“

§ 62.

b. Weiterer Einfluß des Sauerstoffs auf das Leben der Pflanze.

Wie der Sauerstoff zur Entwicklung des Keimes unentbehrlich ist, so ist er auch für das weitere Wachsthum der jungen Pflanze durchaus nothwendig. Es kann dies auffallend erscheinen, da ja die Pflanze, sobald sie Blätter entwickelt hat, Sauerstoff ausathmet, in ihr also überflüssiger Sauerstoff vorhanden ist; trotzdem aber muß der Pflanze freier Sauerstoff zur Aufnahme zu Gebote stehen; sobald ihr dieser entzogen wird, stirbt sie. Bringen wir z. B. eine Pflanze in eine Atmosphäre von Stickstoff oder Wasserstoff und lassen wir sie in derselben lange genug, so geht sie ein. Beim Kohlenstoff, pag. 75, hatte ich schon Gelegenheit zu zeigen, daß die Pflanzen während der Nacht Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure aushauchen und daß diese Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe ein Lebensproceß der Pflanze ist.

Saussure hat die Menge von Sauerstoff bestimmt, welche von verschiedenen Pflanzen innerhalb 24 Stunden verbraucht wird. Die von Saussure gefundenen Zahlen sind von mir in der folgenden Tabelle (pag. 193) zusammengestellt, zu welcher ich noch bemerke, daß die als aufgenommen angegebene Sauerstoffmenge sich auf das Volumen der Blätter, wobei dieses gleich 1 gesetzt ist, bezieht.

§ 63.

c. Die Wärme der Pflanzen.

Der aufgenommene Sauerstoff dient zu verschiedenen Drydationsproceßsen in der Pflanze. Einen Beweis dafür, daß in der Pflanze fortwährend Drydationsproceße vor sich gehen, liefert

*) Laskovskij ist es nicht gelungen Asparagin aus dem Extracte von Kürbiskeimlingen darzustellen: er schließt nur durch das Verhalten beim Kochen mit Salzsäure u. (Methode von Sachsse) auf diesen Körper. E. Schulze und S. Barbieri haben, wie bereits angegeben, gefunden, daß das von Laskovskij gefundene Amid nicht Asparagin, sondern Glutamin ist.

Name der Blätter.	Zeit des Versuchs; Entwicklung der Pflanze.	Menge des binnen 24 Stunden im Dunkeln ver- zehrten Sauer- stoffs.
Kartoffel	September	2,5
Kohl (<i>Brassica oleracea</i>)	September { junge Blätter { alte Blätter	2,4
		2,0
Nessel (<i>Urtica urens</i>)	September	2,0
Bingelkraut (<i>Mercurialis annua</i>)	September; vor der Blüthe	2,33
Möhre (<i>Daucus carota</i>)	während der Blüthe	1,9
Busbohne (<i>Vicia faba</i>)	vor der Blüthe	3,7
	während derselben	2,0
	nach derselben	1,6
Lilie (<i>Lilium candidum</i>)	vor der Blüthe, Mai	0,66
	nach derselben, September	0,5
Spanische Kresse (<i>Tropaeo- lum majus</i>)	September; vor der Blüthe	3,0
Fingerhut (<i>Digitalis am- bigua</i>)	Juli	2,0
Rübe (<i>Brassica rapa</i>)	September; in der Blüthe	1,25
Hafer (<i>Avena sativa</i>)	Juni; vor der Blüthe	2,7
Weizen (<i>Triticum aestivum</i>)	Mai; vor der Blüthe	5,0
Erbse (<i>Pisum sativum</i>)	Mai; in der Blüthe	3,72
Raute (<i>Ruta graveolens</i>)	August	2,0

die durch die Pflanzen erzeugte Wärme, welche durch Folgendes documentirt wird. Bringt man eine Pflanze in eine mit Wasserdampf vollständig gesättigte Atmosphäre, so findet dennoch von der Blattoberfläche der Pflanze Verdunstung von Wasser statt; diese könnte aber nicht erfolgen, wenn durch die Pflanze nicht die Temperatur des Raumes erhöht würde, denn die atmosphärische Luft kann nicht eine beliebige Menge Wasser aufnehmen, sondern ihre Wasseraufnahmefähigkeit ist eine bestimmte, abhängig von der Temperatur: sie steigt bei zunehmender und fällt bei abnehmender Temperatur.

Wenn ich soeben anführte, daß wir einen Beweis für die Drydations-Processe in der Pflanze durch die von derselben erzeugten Wärme hätten, so soll hiermit nicht gesagt sein, daß die Pflanze gleich den Thieren eine eigene Wärme besitze. Die Wärme des thierischen Körpers bleibt sich gleich, ob derselbe sich in einer Temperatur von -20° C. oder von $+20^{\circ}$ C. befindet. Anders bei den Pflanzen; die Temperatur in denselben hängt von der sie umgebenden Temperatur ab, wie dies die

Versuche von Krusch und Becquerel darthun. Krusch stellte seine Versuche im Sommer an einem Ahornbaume an und fand hier Folgendes:

Temperatur der Luft	23,5° C.
" im Kerne des unteren 12 Zoll dicken Stammes	14,4° C.
" im Splint	16,4° C.
" des oberen 6" dicken Stammes	22,0° C.
" in einem 3" dicken Aste	22,2° C.
" in einer 9" tiefen Wurzel	14,9° C.
" im Boden	14,7° C.

Krusch beobachtete unter Anderem ferner, daß bei einem Baume bei einer Erhöhung der Temperatur von $-14,5^{\circ}$ auf $+5^{\circ}$ C. die Temperatur des Astes von $-8,4^{\circ}$ auf $+5^{\circ}$ C., die des Stammes von 6", Durchmesser von $-9,7^{\circ}$ auf $-0,7^{\circ}$ C., die des Stammes bei 12", Durchmesser von $-8,5^{\circ}$ auf $-3,9^{\circ}$ C., während die Wärme des Splintes von -9° auf -1° C. steigt. Erwägen wir bei diesen Zahlen, daß das Holz ein schlechter Wärmeleiter ist, so haben wir darin den Beweis für die oben ausgesprochene Thatsache.

Becquerel stellte seine Versuche mit Ahorn, Pflaumenbäumen und Kastanien an und schließt aus denselben Folgendes:

α. Die jährliche Mittel-Temperatur der Gewächse ist dieselbe, wie die der Luft, welche die hauptsächlichste Wärmequelle der Pflanzen ist.

β. Das Maximum der Luft-Temperatur findet im Winter gegen 2 und im Sommer gegen 3 Uhr statt; in den Gewächsen sind diese Stunden im Verhältniß zu ihrer Stärke verzögert: in Bäumen von 0,3—0,4 Meter Durchmesser zeigt sich das Maximum der Kälte im Winter gegen 9 Uhr Abends und im Sommer erst gegen Mitternacht.

γ. Wenn die Temperatur der Luft unter 0° sinkt, widerstehen die Gewächse längere oder kürzere Zeit der Abkühlung, sowie im umgekehrten Falle der Erwärmung, ohne daß man die Ursache der schlechten Wärmeleitungs-Fähigkeit des Holzes zuschreiben kann. Dauert die Kälte mehrere Monate, so sinkt die Temperatur nach und nach im Baume, jedoch niemals bis zur Luft-Temperatur; die Differenz beträgt $\frac{1}{2} - 0^{\circ}$ C.

δ. Die Temperatur der Vegetabilien, wenn sie auch fast ganz Folge einer Einwirkung von außen ist, scheint nichtsdestoweniger beeinflusst von der bei den chemischen Processen im Pflanzen-Organismus freitverhenden Wärme und durch die Temperatur der Erdschichten, aus welchen die Wurzeln ihre flüssige Nahrung beziehen und es können so die unteren Erdschichten

auf Verringerung der Temperatur=Erniedrigung in den Pflanzen von Einfluß sein.

Wo bleibt denn aber die von den Pflanzen producirte Wärme, wenn ihre Wärme fast ganz von der sie umgebenden Temperatur abhängt? Der äußerst geringe Einfluß, welchen die in der Pflanze erzeugte Wärme auf die Wärme der Pflanze selbst äußert, und der dadurch nothwendiger Weise folgende anderweitige Verbrauch der Wärme durch die Pflanze wird uns durch eine Thätigkeit derselben erklärt, welche wir im nächsten Kapitel beim Wasser genauer besprechen werden. Ich führe hier nur kurz an, daß die Pflanze fortwährend sehr bedeutende Mengen von Wasser verdunstet, wozu Wärme erforderlich ist und die von der Pflanze erzeugte mit verwendet wird.

Bei einigen Pflanzen läßt sich in gewissen Entwicklungs=Perioden die erzeugte Wärme aber auch direct wahrnehmen. So beobachtete Dutrochet, daß bei *Arum maculatum* bei der Blüthe eine Temperatur=Erhöhung von 11—12° C. eintritt; diese erklärt sich natürlich nur durch vermehrte Aufnahme von Sauerstoff, wodurch die Oxydation, oder mit andern Worten die Verbrennung in der Pflanze vermehrt wird.

§ 64.

d. Verhalten der Pflanzen in der Blüthe gegen den Sauerstoff.

Ueber das Verhalten der Pflanzen in der Blüthe gegen den Sauerstoff sind vor Allem von Cahours Untersuchungen angestellt worden, welcher die Resultate derselben, wie folgt, resumirt:

a. Jede Blume nimmt aus einem begrenzten Volumen normaler Luft Sauerstoff auf und giebt dafür Kohlensäure in wechselnden Verhältnissen ab; gleichgiltig ist hierbei, ob die Blumen Geruch besitzen oder nicht.

β. Unter fast gleichen Bedingungen des Versuchs nimmt die ausgehauchte Kohlensäure mit der steigenden Temperatur zu.

γ. Im Allgemeinen ist für ein gleiches Gewicht Blumen desselben Stammes die ausgehauchte Kohlensäuremenge etwas größer im Licht als in völliger Dunkelheit, doch in einigen Fällen ist sie nahezu dieselbe.

δ. Wird die normale Luft durch reinen Sauerstoff ersetzt, so werden die beobachteten Unterschiede nur auffallender.

ε. Die Blume liefert im Beginn der Entwicklung als

Knospe etwas mehr Kohlensäure, als die völlig aufgeblühte, was man aus stärkerer Vegetationskraft erklären kann.

ζ. In einem indifferenten Gase, wie Stickstoff oder Wasserstoff, haucht jede Blume ein wenig Kohlensäure aus.

η. Das Bistill und die Staubfäden verzehren die größte Menge Sauerstoff und entwickeln die größte Menge Kohlensäure.

§ 65.

e. Verhalten des Sauerstoffs beim Reifen der Früchte.

Beim Reifen der Früchte zeigt sich ferner das Bedürfnis der Pflanzen nach Sauerstoff im hohen Grade, wie dies die Versuche von Frémy, Cahours, Chatin, Berthelot und Guignet und Anderen darthun, aus denen hervorgeht, daß die Früchte Sauerstoff aufnehmen und dafür in nahezu gleichem Volumen Kohlensäure abgeben.

Cahours, von dem über das Athmen der Früchte umfangreiche Versuche gemacht sind, stellt die Resultate derselben folgendermaßen zusammen:

Wenn völlig reife Äpfel, Orangen oder Citronen in Glocken, welche mit Sauerstoff oder dessen Gemenge mit wenig Stickstoff oder mit atmosphärischer Luft gefüllt sind, gebracht werden, so verzehren sie Sauerstoff und geben dafür Kohlensäure in nahezu gleichem Volumen ab und zwar ist letzteres im diffusen Lichte beträchtlicher, als im Dunkeln und vermehrt sich stufenweise bis zu einer gewissen Zeit, von wo an sie ansehnlich zunimmt. Dabei tritt eine gewisse Veränderung der Hülle der Früchte ein.

Cahours fand, daß die reifen Orangen einen Saft lieferten, welcher 8% seines Volumens an Gas gab und das zu $\frac{4}{5}$ aus Kohlensäure und $\frac{1}{5}$ aus Stickstoff bestand. Die reifen Citronen dagegen gaben nur einen Saft mit 6% Gas, welches aber zu $\frac{7}{10}$ aus Kohlensäure und $\frac{3}{10}$ aus Stickstoff bestand.

Von reifen Granaten wurde ein Saft, der nur 5% Gas enthielt, welches aber dieselbe Zusammensetzung, wie das der Citronen hatte, gewonnen. Die Birnen dagegen lieferten weniger und ein weit weniger Kohlensäure enthaltendes Gas; noch geringer war der Gehalt des Saftes der Äpfel (Meinetten, Calvillen) an Gas; sie gaben kaum 3% mit 40—45% Kohlensäure.

In dem Gas der genannten Früchte vermochte Cahours aber niemals Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe nachzuweisen. Es folgt hieraus, daß beim Reifen der Früchte Sauerstoff eingeathmet und Kohlensäure abgegeben wird.

§ 66.

Die Athmung der Pflanzen.

In den vorhergehenden Paragraphen haben wir die Bedeutung des Sauerstoffs für das Pflanzenleben darzulegen versucht; wir haben gesehen, daß der freie Sauerstoff sowohl für die erste Entwicklung des jungen Keimlings, sowie für die weitere Entwicklung der Pflanzen bis zur Fruchtbildung durchaus nothwendig ist. Die Pflanze nimmt während ihres ganzen Lebens in abwechselnden Mengen Sauerstoff auf und giebt Kohlensäure ab. J. Sachs hat in Uebereinstimmung mit Garreau diesen Gasaustausch mit Recht als die Athmung der Pflanzen bezeichnet.

Dieser Proceß ist nicht mit dem Assimilations-Proceß der chlorophyllhaltigen Zellen zu verwechseln, welcher in Aufnahme von Kohlensäure und Abgabe von Sauerstoff besteht. Während somit der Assimilations-Proceß neue Pflanzenmasse schafft, zerstört der Athmungs-Proceß einen Theil derselben; dieser vermindert, jener vermehrt also die organische Substanz.

Die Athmung der Pflanzen, d. h. die Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure, ist von vielen Forschern experimental nachgewiesen worden, ohne daß von allen diesen genannter Proceß als Athmung bezeichnet worden wäre. Die Abgabe von Kohlensäure steht in gewissem Zusammenhange mit der Aufnahme von Sauerstoff; die gesammte ausgeathmete Kohlensäure rührt aber nicht allein von in den Pflanzen mittelst des aufgenommenen Sauerstoffs stattgefundenen Oxydations-Processen her, ist somit nicht in's Gesammt aus organischer Pflanzen-substanz gebildet, sondern die aufgenommene Kohlensäure wird nicht immer vollständig zersezt, vielmehr ein Theil derselben als solcher wieder abgegeben. Die ausgeathmete Kohlensäure rührt also zum Theil von der aufgenommenen her und ist zum Theil durch die Athmung erzeugt. v. Liebig hat, wie hier nicht unerwähnt bleiben darf, sich entschieden gegen die Existenz einer Pflanzen-Athmung ausgesprochen.

Der experimentelle Beweis der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe kann bei chlorophyllhaltigen Pflanzen nur dann geführt werden, wenn während des Versuches das Sonnenlicht von denselben abgehalten wird, da dieselben ja unter dem Einflusse des Lichtes gleichzeitig die aufgenommene Kohlensäure zerlegen und Sauerstoff abgeben; bei dem letzteren Proceß kommen wesentlich größere Mengen von Gas, als bei der Athmung,

in Betracht. Die vorliegenden Versuche sind aus dem Grunde entweder mit nicht chlorophyllhaltigen Pflanzen resp. Pflanzentheilen ausgeführt, oder sie sind bei den chlorophyllhaltigen Pflanzen im Dunkeln vorgenommen worden.

Am schärfsten ist der als Athmung bezeichnete Gasaustausch bei allen nicht chlorophyllhaltigen Pflanzen, resp. Pflanzentheilen nachweisbar — so bei der Keimung, bei den sich entfaltenden Knospen, Blüten, Pilzen, chlorophyllfreien Schmarozern z., — weshalb auch mit diesen die meisten Versuche ausgeführt sind.

Was die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure nach den vorliegenden zahlreichen Arbeiten anbetrifft, so können wir dieselben hier nur andeuten und durchaus nicht in irgend wie eingehender Weise besprechen. Zunächst verweisen wir auf die in dem Paragraphen 60 aufgeführten Versuche über die Keimung, denjenigen Vegetationsvorgang, über welchen wir die meisten und ausführlichsten Arbeiten besitzen. Die schönen Arbeiten Th. de Saussure's ferner, über das Verhalten chlorophyllreicher Organe in einer begrenzten Luftmenge, haben wir bereits auf pag. 74 und 75 besprochen; ebenso dessen Versuche über die Sauerstoffaufnahme verschiedener Pflanzen resp. Pflanzentheile (pag. 193), sodas an dieser Stelle dieselben nur der Erwähnung bedürfen.

Die neuesten Arbeiten über die Athmung verdanken wir außer J. Sachs u. Mayer, welcher in Verbindung mit v. Wolfkoff und allein eine Reihe von Versuchen über diesen so wichtigen Lebensact der Pflanzen ausgeführt hat, sowie S. Nischawi.

Mayer operirte mit Keimpflänzchen resp. Keimlingen und Keimwurzeln von Buchweizen, Tropaeolum Majus, Vicia faba und Weizen und bestimmte die innerhalb einer bestimmten Zeit unter verschiedenen Temperatur- und Beleuchtungs-Verhältnissen aufgenommene Menge von Sauerstoff.

Die von Mayer selbst aus seinen Versuchen gezogenen, wie er selbst anführt, feststehenden Resultate gebe ich in Folgendem mit seinen eigenen Worten wieder:

„Die Athmung einer Pflanze beginnt bei Temperaturen, die weit niedriger liegen, als das Wachstumsminimum derselben Pflanze und selbst schon etwas unter 0°; sie steigt alsdann, annähernd proportional der Temperatur, weit über das Wachstumsoptimum hinaus bis zu Wärmegraden, bei welchen das Längswachsthum erlischt, gleichmäßig fort und hört erst auf ungefähr zusammen mit der Lebensfähigkeit der Pflanzen überhaupt. Längswachsthum und Athmung sind also zwei Erscheinungen, die weit davon entfernt sind, parallel mit einander zu verlaufen.

„Das Licht besitz keinen oder nur einen kaum wahrnehmbaren Einfluß auf die Athmungsgröße eines Pflanzentheiles.“

Nischawi benutzte zu seinen Versuchen Weizen und Bohnen und ermittelte durch Bestimmung der ausgeathmeten Kohlensäure die Athmungskurve für die ganze Keimungs-Periode genannter Pflanzen; beim Weizen wurden die Versuche so lange fortgesetzt, bis die Pflanzen nach Erschöpfung ihres ganzen Vorrathes an Nahrungstoffen abzusterven begannen (26 Tage); bei der Vicia faba dauerten dieselben 20 Tage lang. Die ausgeathmete Kohlensäure wurde täglich bestimmt. Es ist nun höchst interessant, das

beide Experimentatoren trotz der verschiedenen Wege, welche sie verfolgten, zu übereinstimmenden Resultaten gelangten. Während Mayer nämlich, wie schon angeführt, bei seinen Versuchen den aufgenommenen Sauerstoff bestimmte, ermittelte Rischawi die ausgeathmete Kohlensäure. Mayer ferner war in Folge des von ihm benutzten Apparates gezwungen, zu jedem Experimente neue Pflanzen zu nehmen, konnte auch die Athmungsgröße bei mehr erwachsenen Pflanzen nicht unmittelbar bestimmen, sondern mußte die Trockensubstanz-Verluste der Pflanzen mit zu seinen Schlüssen benutzen; Rischawi dagegen vermochte dieselben Pflanzen während ihrer ganzen Entwicklungs-Periode in demselben Recipienten zu erziehen.

Um ein Bild der Athmungscurve zu geben und dadurch zugleich die Verschiedenheit derselben bei verschiedenen Pflanzen zu zeigen, führe ich hier kurz die von Rischawi bei Weizen und Bohnen gewonnenen Resultate an. Bemerke nur noch Folgendes: Bei Weizen wurden 40 Samen und bei *Vicia faba* 1 benutzt; die Keimungs-Temperatur bei Weizen 21° C. und bei *Vicia faba* 20° C.; bei Weizen begann der Versuch bei dem ersten Zeichen der Keimung, bei *Vicia faba*, sobald der Stengel 1 Cmtr. Länge erreicht hatte; die Weizenpflänzchen hatten am Schluß des Versuches eine Länge von 25 Cm., *Vicia faba* von 2 Dcm. erreicht.

	Menge der Kohlensäure in Milligrm.	
	Weizen	<i>Vicia faba</i>
1. Tag	13,86	20,46
2. "	19,14	19,14
3. "	32,34	19,14
4. "	37,62	19,80
5. "	42,90	20,46
6. "	44,88	22,12
7. "	46,86	21,78
8. "	47,52	19,80
9. "	48,18	22,12
10. "	48,88	19,80
11. "	50,16	23,74
12. "	49,50	21,78
13. "	49,50	22,44
14. "	49,50	21,12
15. "	49,50	21,12
16. "	49,50	20,46
17. "	42,90	21,12
18. "	41,36	20,46
19. "	33,66	19,80
20. "	33,00	22,40
21. "	30,36	
22. "	28,38	
23. "	25,74	
24. "	21,12	
25. "	18,48	
26. "	15,18	

Kurze Wiederholung.

1. Der Sauerstoff dient sowohl als Material für die Stoff-
erzeugung als auch als directes Agens der chemisch vitalen
Processe in den Pflanzen.

2. Die Quellen für den Sauerstoffbedarf der Pflanzen sind
Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure; diese bieten den Pflanzen
viel mehr Sauerstoff dar als sie gebrauchen, in Folge dessen die-
selben einen bedeutenden Theil des durch jene erhaltenen Sauer-
stoffs an die Atmosphäre abgeben.

3. Die Menge des von den Pflanzen ausgehauchten Sauer-
stoffs ist sehr bedeutend; sie ist gleich der durch den Athmungs-,
Verbrennungs- und Verwesungs-Proceß verbrauchten Menge des-
selben.

4. Außer den oben genannten Quellen bedarf die Pflanze
ferner noch des freien Sauerstoffs, welcher für dieselbe, vom
Keimen bis zur Fruchtbildung, unentbehrlich ist.

5. Der Keimproceß ist ohne Sauerstoff unmöglich; der Same
nimmt denselben auf und giebt Kohlensäure ab.

6. Der Keimproceß beginnt mit der Aufnahme von Wasser,
mit welchem zugleich Sauerstoff in die Pflanze eintritt.

7. Beim Keimen wird Wärme erzeugt, welche am besten
als das Product der chemischen im Samen vor sich gehenden
Processe anzusehen ist.

8. Bei den Stärkemehl führenden Samen wirken Wasser
und Sauerstoff zunächst auf die Eiweißkörper ein, welche hier-
durch umgesetzt werden und ihre Umsetzungsfähigkeit auf die
stickstofffreien Stoffe (Stärkemehl u. s. w.) übertragen, aus denen
dann unter Abgabe von Kohlensäure, nachdem das Stärkemehl
vorher in Zucker verwandelt ist, Cellulose gebildet wird. Außer
Kohlensäure und Wasser tritt aus dem keimenden Samen noch
eine organische Säure aus; Stickstoff wird dagegen nicht ab-
gegeben.

9. Bei den ölführenden Samen wird beim Keimen das
Del entweder ganz oder zum Theil in Stärke und Zucker und
dann weiter in Cellulose verwandelt; Kohlensäure und Wasser
treten auch hier aus dem keimenden Samen; eine Abgabe von
Stickstoff scheint dagegen nicht stattzufinden.

10. Wenn auch das aus dem Samen entwickelte Pflänzchen
bei der weiteren Entwicklung unter der Einwirkung des Lichtes

Sauerstoff abgibt, so bedarf die Pflanze trotzdem fortwährend des freien Sauerstoffs.

11. Der aufgenommene Sauerstoff dient zu den verschiedenen Oxydations-Processen in der Pflanze, für deren Stattfinden unter Anderem die erzeugte Wärme einen Beweis liefert. Wir nehmen zwar diese erzeugte Wärme, da die Pflanze keine Eigenwärme besitzt, nicht recht wahr, indem sie von der Pflanze anderweitig verbraucht wird; ihre fortwährende Bildung ist aber durchaus festgestellt.

12. Die Aufnahme von Sauerstoff ist beim Blühen der Pflanze, vor Allem bei einigen, durch die bedeutende Menge der erzeugten Wärme, schön zu beobachten; die Blüthen nehmen denselben auf und geben Kohlensäure ab.

13. Dasselbe findet beim Reifen der Früchte statt; also auch hier Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure.

14. Die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure wird als die Athmung der Pflanzen bezeichnet.

15. Die Aufnahme von Kohlensäure und die Abgabe von Sauerstoff dagegen ist der Assimilations-Process der chlorophyllhaltigen Zelle.

16. Der Athmungs-Process zerstört einen Theil der Pflanzenmasse, vermindert dieselbe also, während der Assimilations-Process neue Pflanzenmasse schafft, mithin dieselbe vermehrt.

Kapitel V

Das Wasser.

§ 67.

Das Wasser haben wir schon als eine der Quellen für den Wasserstoff und Sauerstoff der Gewächse kennen gelernt: die Rolle jedoch, welche dem Wasser bei dem Wachsthum der Pflanzen zuertheilt ist, beschränkt sich nicht allein hierauf, sondern denselben sind noch andere äußerst wichtige Functionen im Pflanzenleben übertragen worden. Die Wichtigkeit des Wassers für das Leben der Pflanzen ist der des Sauerstoffs gleichzusetzen: ohne Wasser ist ebenso wie ohne Sauerstoff kein organisches Leben möglich.

Bevor wir nun die Beziehungen des Wassers zum Pflanzenleben studiren, halte ich es für nothwendig, daß wir vorher die Eigenschaften, die Verbreitung u. s. w. des Wassers, soweit es für unsern Gegenstand von Wichtigkeit ist, in aller Kürze betrachten.

A. Die Eigenschaften des Wassers.

a. Chemische.

Das Wasser besteht aus 1 Aequivalent Wasserstoff und 1 Aequivalent Sauerstoff, oder in 100 Theilen aus 11,11 .. Wasserstoff und 88,88 . Sauerstoff; es hat zu vielen Körpern eine große chemische Verwandtschaftskraft, vermöge welcher es sich sowohl mit Säuren und Basen, welche Verbindungen den Namen Hydrate führen, als auch mit Salzen zu verbinden vermag. Es ist ferner durch viele Körper, welche zu einem der Bestandtheile desselben größere Verwandtschaft wie die andern haben, in seine

Bestandtheile in der Art zerlegbar, daß diese sich mit dem einen verbinden und den andern in Freiheit setzen können; vor Allem ist es der Sauerstoff, welcher so gebunden wird und zur Oxydation der betreffenden Körper dient, während der Wasserstoff dann frei wird.

b. Physikalische Eigenschaften des Wassers.

α. Die Verdampfung.

Das Wasser besitzt die Eigenschaft bei jedem Temperaturgrade, sowohl unter als über dem Gefrierpunkte, Dampfform anzunehmen. Die Menge von Wasser, welche in einem Raume verdunsten kann, wird allein durch die Temperatur bedingt, da bei jedem Temperaturgrade nur eine quantitativ bestimmte Menge von Wasser Dampfform annehmen kann; hierbei ist es gleichgültig, ob der über der Wasserfläche befindliche Raum schon mit andern Gasen gefüllt ist, oder nicht. Der Wassergehalt der Luft und die Temperatur sind daher die einzigen Factoren, welche die Menge des verdunstenden Wassers bedingen. Die Schnelligkeit der Verdunstung ist dagegen beim gleichen Wassergehalte der Luft und bei gleicher Temperatur noch abhängig:

von der Bewegung der Luft über der betreffenden Wasserfläche und von der Größe der letzteren.

Findet fortwährend eine Luftströmung statt, wodurch die mit Wasserdampf erfüllte Luft fortgeführt wird, so ist die Verdampfung größer als im umgekehrten Falle. Ebenso verdampft von einer bestimmten Wassermenge umsomehr, je größer ihre Oberfläche ist. Beide Bedingungen vereinigt, verursachen natürlich eine um so größere Verdunstung. Hieraus erklärt sich die günstige Wirkung der Lockerung für einen nassen Boden; dies ist eine der Ursachen, welche das Vortheilhafte der Beschattung des Bodens darthun u. s. w.

Nebel und Wolken.

Das in Dampfform in der Atmosphäre befindliche Wasser, welches aus kleinen Bläschen, deren Inhalt Luft und deren Hülle Wasser ist, besteht, bildet den Nebel und die Wolken, welche sich beide nur durch die Größe ihrer Entfernung von der Erde von einander unterscheiden. Durch die Luftströmungen

wird das von irgend einer Wasserfläche verdunstete Wasser den verschiedensten Orten zugeführt und kommt da, wo die Bedingungen für die Dampfform nicht mehr vorhanden sind, in Form von Regen (Schnee) zur Erde; trifft z. B. ein bei 15° C. mit Wasserdampf gesättigter Luftstrom auf einen kälteren und wird dadurch abgekühlt, so kann derselbe aus dem oben unter a. angeführten Grunde nicht mehr allen bisherigen Wasserdampf fassen, sondern muß soviel Wasser abgeben, als der Temperatur-Erniedrigung entspricht.

β. Das Auflösungs-Vermögen des Wassers für feste, flüssige und gasförmige Körper.

Die Eigenschaft des Wassers, eine große Anzahl fester, sowie flüssiger und gasförmiger Körper aufzulösen, ist für das Pflanzenleben von ganz außerordentlicher Wichtigkeit. Wegen dieser Eigenschaft vermag das Wasser die im Boden befindlichen Nährstoffe aufzulösen und den Pflanzen zuzuführen; ohne dieselbe würde das in der Atmosphäre befindliche Ammoniak und die Salpetersäure den Pflanzen in viel geringerem Grade zu Gute kommen, als das der Fall ist u. s. w.

γ. Ausdehnung des Wassers beim Festwerden.

Das gefrorene Wasser, das Eis, ist leichter als das flüssige Wasser, sein spec. Gew. ist 0,9268. Diese Eigenschaft des Wassers ist für die Zerklüftung und Zertrümmerung der Gesteine, für die Lockerung des Bodens, für das Zerfallen des Mergels u. s. w. von ganz außerordentlicher Wichtigkeit.

δ. Das Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter.

Wegen dieser Eigenschaft des Wassers ist der Schnee gleichsam ein warmer Pelz für die Erde und deshalb für die Winterzeiten der sehnlichste Wunsch des Landwirths; deshalb schützt eine Eisschicht so gut einen Brunnen vor dem Einfrieren. Diese, sowie die unter c. genannte Eigenschaft des Wassers erklärt, weshalb im Winter Teiche und Flüsse selten, Ströme, tiefe Seen und das Meer nie bis auf den Grund ausfrieren, und so das organische Leben in denselben vor dem Erfrieren geschützt ist u. s. w.

ε. Das Wasser hat die größte spezifische Wärme von allen festen und flüssigen Körpern.

Unter spezifischer Wärme eines Körpers verstehen wir diejenige Wärmemenge, welche ein Körper bedarf, um von einem

Temperaturgrade auf einen andern erwärmt zu werden. Beim Wasser ist die specifische Wärme oder seine Wärme-Capacität von allen festen und flüssigen Körpern am größten; diese Eigenschaft des Wassers ist für das Klima der Küstenländer u. s. w. sehr wichtig; aus demselben Grunde ist ein nasser Boden auch ein kalter Boden, ebenso erwärmt sich deshalb ein trockener Boden weit schneller als ein nasser u. s. w.

B. Das Vorkommen des Wassers.

§. 68

Das Wasser ist der verbreitetste Körper der Erde; das Weltmeer allein macht 73,06 % der ganzen Erdoberfläche aus; hierzu kommt noch das Wasser der Ströme, Flüsse, Binnenseen, Bäche, Quellen, Sümpfe, Moore u. s. w. — Würde das Wasser nicht die oben unter A ba bezeichnete Eigenschaft besitzen: bei jedem Temperaturgrade Dampfform annehmen zu können, so würde man mit Recht fragen können, was nützt aber das Wasser des Weltmeeres den Landpflanzen? Wegen dieser Eigenschaft des Wassers jedoch kommt auch das Meerwasser den Landpflanzen zu Gute.

Da die verschiedenen Wasser der Erde nicht chemisch reines Wasser sind, sondern in demselben noch viele Stoffe, theils gelöst, theils suspendirt vorkommen und diese Stoffe einerseits bei der Verdunstung, sowie durch die Luftströmungen mit in die Atmosphäre gerissen und andererseits die Wasser oft ihre Ufer übertreten und so direct die in denselben befindlichen Stoffe den in ihrer Nähe liegenden Ländern zugeführt werden, so halte ich es für erforderlich, kurz die Stoffe aufzuführen, welche in den einzelnen Wassern der Erde enthalten sind.

§ 69.

a. Das Meerwasser.

In dem Meerwasser finden wir vor Allem Chlornatrium, ferner Kali, Kalkerde, Magnesia; dann Brom, Jod, Schwefelsäure, Kohlenensäure; in geringen Mengen Kieselsäure, Ammoniak, Salpetersäure, Fluorcalcium, Eisen und Mangan, auch Baryterde, Strontianerde und Spuren von Phosphorsäure. In der folgenden Tabelle pag. 206 und 207 stelle ich einige Analysen

	Atlantischer Ocean.				Stilles Meer 25° 11' südl. Br. und 93° 24' westl. L. v. Sibira.
	23° 45, südl. Br. und 20° 27' westl. L.	0° 47' südl. Br. und 33° 20, westl. L.	20° 54' nördl. Br. und 40° 44' westl. L.	41° 18' nördl. Br. und 36° 28' westl. L.	
	Analysen von v. Sibira.				
	%	%	%	%	%
Eisenoxyd	—	—	—	—	—
Kohlensaurer Kalk	—	—	—	—	—
Kohlensaure Magnesia	—	—	—	—	—
Schwefelsaure Kalkerde	0,2046	0,1557	0,1597	0,1897	0,1622
Schwefelsaure Magnesia	0,0614	0,0584	0,0678	0,1066	0,1117
Chlormagnesium	0,0326	0,3332	0,4022	0,3916	0,4884
Chlornatrium	2,7558	2,7892	2,6424	2,9544	2,5885
Chlorkalium .	—	—	—	—	—
Bromnatrium	0,0326	0,0520	0,0400	0,0500	0,0307
Brommagnesium	—	—	—	—	—
Schwefelsaures Kali	0,1715	0,1810	0,1625	0,1499	0,1418
Kieselsäure	—	—	—	—	—
Chlorcalcium	—	—	—	—	—
Specifisches Gewicht . . .	1,0244	1,0275	?	1,0287	1,0264
Summa der festen Bestand- theile	3,5695	3,2585	3,4746	3,8422	3,5233

*) Als doppelt kohlensaure Verbindungen aufgeführt.

von Meerwasser zusammen, um so das quantitative Verhältniß, in dem diese Stoffe in demselben vorkommen, zu zeigen.

Der Hauptbestandtheil des Meerwassers ist das Chlornatrium, daher wird auch dieses in erster Reihe mit in die Atmosphäre emporgerissen werden und so das Regenwasser salzhaltig machen, was uns auch die Analysen von Regenwasser, wie wir später sehen werden, bestätigen. Dieser Gehalt der Luft an Kochsalz wird natürlich zunächst den Seestrandgegenden zu Gute kommen und auf die ihren Einfluß äußern. Wir sehen daher an den Gestaden des Meeres eine eigenthümliche Vegetation, welche zum Theil durch den Kochsalzreichtum bedingt ist; die hier wachsenden Pflanzen zeichnen sich vielfach durch ihren hohen Futterwerth aus; dasselbe gilt von den Pflanzen auf sog. Salzweiden, weshalb das Heu derselben mit Recht als Futter sehr geschätzt ist.

Nordsee 51° 9' nördl. Br. und 3° 8, östl. L. Sibra.	Weißes Meer bei Monoxa. Knauß.	Todtes Meer. Mar= chand.	Kaspi- sches Meer bei Tjukka= rogan. Baer.	Bosporus bei Bujuc= dere. Pisani.	Nordsee bei Helgo= land. Kappel.	Mittel= ländi= sches Meer bei Livorno. Calamai.	Ostsee. Pfaff.
—	0,003	—	—	—	—	—	—
—	0,001	—	0,037*)	0,017	—	—	0,007*)
—	—	—	0,021*)	—	—	—	0,007*)
0,1622	—	0,088	0,056	0,052	0,401	0,089	0,002
0,0706	0,235	—	0,326	0,123	0,030	0,309	0,088
0,4641	0,163	10,543	—	0,179	0,301	0,303	0,172
2,5513	1,782	6,578	0,895	1,386	2,858	2,618	1,499
—	—	1,398	0,065	0,003	0,059	—	—
0,0373	—	—	—	—	—	0,111	—
—	0,005	0,251	—	—	—	—	—
0,1529	—	—	—	—	—	—	—
—	Spur	0,003	—	—	—	—	—
—	—	2,894	—	—	—	—	—
1,0264	1,0167	1,185	?	1,01345	1,0240	?	?
3,4383	2,194	21,729	1,400	1,7584	3,709	3,430	1,770

§ 70.

b. Flußwasser, Quellwasser u. s. w.

Wie sich das Meerwasser durch seinen Gehalt an Kochsalz, ebenso zeichnet sich das Wasser der Flüsse, Quellen zc. durch den an Kalksalzen aus, von denen in erster Reihe der kohlen-saure Kalk, welcher in demselben durch die freie Kohlensäure gelöst ist und der schwefelsaure Kalk zu nennen sind, dann auch Chlorcalcium und salpetersaure Kalkerde; der Menge nach folgen auf die Kalksalze, meistens die Magnesiumsalze (kohlen-saure, schwefel-saure, salpetersaure Magnesia und Chlormagnesium); dann die Natron- und Kalisalze, von denen das Natron als Chlornatrium, einfach und 1¹/₂fach kohlen-saures, schwefel-saures und auch salpetersaures, und Kali als schwefel-saures, salpetersaures und auch kiesel-saures vorhanden sein kann. Wir finden in diesen Wässern

ferner Ammoniaksalze, oxydirtes Eisen und Mangan und freie Kieselsäure.

Wie aus den unter A aufgeführten Eigenschaften des Wassers hervorgeht, enthält das Wasser außer den gelösten und suspendirten festen Stoffen auch gelöste gasförmige Stoffe.

Ueber die Menge und Beschaffenheit der im Fluß- und Quellwasser vorhandenen Gase verdanken wir E. Reichardt und Erhart neuere Angaben. Diese Untersuchungen erstreckten sich auf die Sauerstoff-, Stickstoff- und Kohlensäure-Gehalte.

Von Quellwasser sind 6 Bestimmungen desselben Wassers ausgeführt worden, welche folgende Resultate ergaben:

Quellwasser; kalkhaltig, Temperatur 6°.

Die Gasmenge schwankte zwischen 42,48 C. C. und 54,97 C. C.

Der proc. Sauerstoffgehalt 13,65 und 15,83 C. C.

" " Stickstoffgehalt 34,82 " 37,83 " "

" " Kohlensäuregehalt 48,03 " 51,53 " "

Das Verhältniß von Sauerstoff : Stickstoff schwankte zwischen 1 : 2,30—2,67.

Das Verhältniß von Kohlensäure : Sauerstoff + Stickstoff 1 : 0,93—1,07.

Beim Quellwasser wird die Kohlensäuremenge wesentlich durch die vorhandenen kohlensauren Salze beeinflusst.

Als Flußwasser wurde das Wasser der Saale benützt und sind 4 Untersuchungen mit folgenden Resultaten ausgeführt worden.

Proben 1 und 2 sind frisch geschöpft, Probe 3 ist Probe 1, nachdem sie 1 Tag in einem kühlen Raum gestanden hat. Probe 4 ist Probe 2, nachdem sie einen Tag im Zimmer, wie Probe 3, der Luft zugänglich gestanden hat.

	1.	2.	3.	4.
Gasmenge pr. Utr.	31,3 C. C.	30,11 C. C.	30,35 C. C.	30,83 C. C.
Temperatur	3° C.	5° C.	7° C.	13° C.
Barometerstand	750 Mm.	748 Mm.	753 Mm.	749 Mm.
	%	%	%	%
Sauerstoff.	16,14	32,21	29,47	25,85.
Stickstoff	77,66	61,52	65,10	57,63.
Kohlensäure	6,20	6,27	5,43	16,52.
Sauerstoff : Stickstoff	4,78	1,90	2,21	2,22.
Kohlensf. : Sauerstoff + Stickstoff	15,13	14,94	17,42	5,04.

Die Verschiedenheit der Gas Mischung ist hier sehr bedeutend; während die Menge der Kohlensäure (bei 1 und 2) fast gleich ist, ändert sich das Verhältniß von Stickstoff zu Sauerstoff sehr auffällig.

Die Aenderungen in Betreff der procentischen Zusammensetzung der Gase durch längere Einwirkung der Luft sind sehr wesentlich, nicht aber hinsichtlich der Menge des überhaupt gelösten Gases. Im Ganzen genommen hat sich zunächst das Verhältniß von Sauerstoff zu Stickstoff ausgeglichen, bei 1 mußte viel Sauerstoff eintreten, um das zu erreichen; bei 2 viel Kohlensäure.

Auf der auf pag. 210 und 211 folgenden Tabelle habe ich einige Analysen von Fluß-, Brunnen- und Quellwasser zusammengestellt.

Diese Gewässer werden durch diejenigen meteorischen Niederschläge, welche durch die Erdoberfläche hindurchsickern und sich dann in geringerer oder größerer Tiefe sammeln, gebildet und weiter genährt; es entstehen so zunächst Quellen u. s. w., und durch die Vereinigung mehrerer Quellen, Teiche, Flüsse u. s. w. Die Beschaffenheit des Wassers der Flüsse u. s. w., oder mit andern Worten ihr Gehalt an gelösten Stoffen hängt natürlich von der Qualität der Erdmassen, welche sie passirt haben, von der Länge der Zeit der Berührung mit denselben, von der Temperatur, dem Druck u. s. w. ab.

In diesen Gewässern finden wir außer den gelösten auch vielfach suspendirte Stoffe. Aus dem früher schon beim Meerwasser angeführten Grunde sind diese gelösten oder suspendirten Stoffe ebenfalls für das Pflanzenleben im Allgemeinen nicht werthlos, da auch sie durch die Luftbewegungen mit in die Atmosphäre geführt werden und dann irgend wo wieder zur Erde gelangen. Höhere Bedeutung haben sie aber noch für die an ihren Ufern oder überhaupt in ihrer Nähe befindlichen Ländereien, indem sie öfters die ihnen angewiesenen Grenzen übersteigen und so direct zur Befruchtung dieser Ländereien beitragen. Je mehr Stoffe sie gelöst oder suspendirt enthalten, und je wichtiger dieselben für das Pflanzenleben sind, um so größer ist ihre düngende Kraft. Hierdurch erhalten die natürlichen Wiesen, welche jährlich ohne Dung gute Ernten geben, ihre Fruchtbarkeit.

§ 71.

c. Die meteorischen Wässer.

Was schließlich die meteorischen Wässer anbetrifft, so haben wir diese durch unsere bisherige Betrachtung schon in mehrfacher Hinsicht kennen gelernt. Wie schon erwähnt, finden wir in denselben, außer Ammoniak und Salpetersäure (s. Anhang II, III. und IV. zum Stickstoff) alle die Stoffe, welche durch die Winde vom Meere, den Flüssen, dem Lande u. s. w. emporgerissen und fortgeführt werden. Außer diesen festen, theils gelösten, theils suspendirten Stoffen, befinden sich in den meteorischen Wässern ferner noch Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure und andere Gase aufgelöst.

Angeführt ist ferner schon, daß die in den Wässern aufgelöste Luft anders zusammengesetzt ist, als die atmosphärische

In 10 Liters in

	Garonne bei Toulouse, von Deville.	Seine bei Berry, von Deville.	Rhein bei Straß- burg, von Deville.	Loire bei Orleans, von Deville.	Rhone bei Genf, von Deville.
Kieselsäure	401	244	488	406	238
Thonerde	—	5	25	71	39
Eisenoxyd	31	25	58	55	—
Kohlensaure Kalkerde	645	1656	1356	481	789
Kohlensaure Magnesia	34	27	50	61	49
Kohlensf. Manganoxydul	30	—	—	—	—
Schwefelsaure Kalkerde	—	269	147	—	466
Schwefelsaure Magnesia	—	—	—	—	63
Chlorcalcium	—	—	—	—	—
Chlormagnesium	—	—	—	—	—
Chlornatrium	32	123	20	48	17
1 $\frac{1}{2}$ fach kohlenf. Natron	65	—	—	—	—
Kohlensaures Natron.	—	—	—	146	—
Schwefelsaures Natron	53	—	135	34	74
Schwefelsaures Kali	76	50	—	—	—
Salpetersaures Kali	—	—	38	—	40
Salpetersaures Natron	—	94	—	—	45
Salpetersaure Magnesia	—	52	—	—	—
Kieselsaures Kali	—	—	—	44	—
Chlorkalium	—	—	—	—	—
Summa	1367	2544	2317	1346	1820

Luft, daß sie nämlich bedeutend reicher an Sauerstoff und Kohlen-
säure als diese ist.

Ueber die Menge und Zusammensetzung der im Regen-
wasser gelassenen Gase, soweit dies den Sauerstoff, den Stickstoff und
die Kohlensäure betrifft, verdanken wir Reichardt und Erhart die fol-
genden Angaben:

	Temperatur d. Wassers	Barom.
1. u. 2. Am 17. Januar 1870 gefallener Regen	4° C.	757 Mm.
3. Nachtreger vom 1.—2. Juni 1871 (Minimum- Thermometer + 5° C.)	11° C.	750 "
4. Tagesregen vom 6. Juni	11° C.	750 "
5. Nach dreitägigem Regen, am Schlusse der Regenpe- riode gesammelt.	15° C.	750 "

Milligramm mß.

Doubs bei Kirotte, von Deville.	Themse bei Twickenham, von Clark.	Quellwasser von Mouillère, von Deville.	Brunnenwasser von Besançon, von Deville.	Brunnenwasser von Connecticut, von Bull.	Brunnenwasser von Ostpreußen, von E. Heiden.	Brunnenwasser von Ostpreußen, von E. Heiden.
159	39,0	250	551	180	50	70
21	Spur	43	39	40	Kohlst. Eisenoxydul.	177
20	Spur	—	—			
1910	1822,6	2573	2331	225	4000	4370
23	146,7	—	76	190	713	1267
—	—	—	—	—	—	—
—	64,4	51	2660	690	768	381
—	—	—	—	—	—	—
—	250,0	7	199	1120	—	—
5	—	20	615	410	703	83
23	—	—	—	—	408	1753
—	—	—	—	220	—	—
—	—	—	—	—	—	—
51	285,7	—	—	—	—	—
—	95,4	—	—	—	179	296
41	—	23	535	—	—	—
39	—	118	1229	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	381	—	—	—
—	—	—	(NO ⁵ CaO)	—	—	—
—	—	—	—	—	359	252
2302	3212,8	3085	8616	7110	7309	8649

	Temperatur d. Wassers				Barom.
6. Am 2. Juli gesammelt	20 ° C.	750	750	750	750 Mm.
7. Gewitterregen vom 11. Juli Mittags bei 31 ° C.	24 ° C.	753	753	753	753 "
8. Längerer sanfter Regen ;	16 ° C.	740	740	740	740 "
9. Ist Nr. 1, nachdem dasselbe vom 17.—25. Januar in einem offenen Gefäße lose bedeckt gestanden hat .	12 ° C.	758	758	758	758 "
10. Eine andere Probe, so wie unter 9 vom 18./2. bis 10./3. behandelt	12 ° C.	745	745	745	745 "
	1.	2.	3.	4.	5.
Gasmenge in 1 Ltr.	32,38	32,25	23,90	24,85	26,91
Sauerstoff (O)	31,77	29,98	25,01	26,96	13,26
Stickstoff (N) . . .	61,55	57,64	66,29	64,22	72,64
Kohlensäure (CO ₂)	6,68	12,38	8,70	8,82	14,10
O : N = 1 :	1,85	1,92	2,65	2,38	5,47
C O ₂ : O + N = 1 :	13,97	6,97	10,49	10,33	6,09

14*

	6.	7.	8.	9.	10.
Gasmenge in 1 Etr.	24,00	19,91	29,52	27,86	28,84
Sauerstoff	24,19	18,98	23,18	20,03	16,26
Stickstoff	55,51	63,35	48,67	61,73	53,39
Kohlensäure	20,30	17,67	28,15	18,24	30,35
O : N = 1 :	2,29	3,34	2,10	3,03	3,28
C O ₂ : O + N = 1 :	3,92	4,66	2,55	4,47	2,28

Wie aus den Zahlen hervorgeht, zeigt das Regenwasser große Schwankungen bei allen 3 Gasen. Reichardt bemerkt hierzu, daß sicherlich nicht allein Temperaturschwankungen oder der Druck diese Unterschiede erklären können, sondern daß hier noch andere Verhältnisse, wie Länge der Zeit zur Tropfenbildung u. s. w. in Betracht kommen.

Auch das Schneewasser wurde von Reichardt und Erhart in derselben Weise, wie das Regenwasser untersucht und hier gefunden, daß frisch geschmolzener Schnee von 0° C. bis 5° C. das Verhältniß von Sauerstoff zum Stickstoff fast völlig gleich = 1 : 2 zeigte, und nur nach längerem Stehen wurde das Verhältniß = 1 : 2,77 befunden. Der Schnee enthielt ferner die geringste Kohlensäuremenge zur Gesamtmenge von Sauerstoff und Stickstoff = 1 : 11,42—22,51, beim längeren Stehen des Schnees an der Luft stieg die Kohlensäuremenge jedoch bedeutend und zwar auf 1 : 9,23 bei 5° C. und 1 : 3,88 bei 9° C. Die Gasmengen nehmen hierbei nicht wesentlich zu; der geschmolzene Schnee von 6° C. gab vom Etr. Wasser 18,54 bis 22,23 bis 25,43 C C.; von 5° C. 25,65 und 25,84 C C.; und nach längerem Stehen 28,79 und 31,60 C C.

Um ein Bild von den in den meteorischen Niederschlägen enthaltenen unorganischen Bestandtheilen zu geben, führe ich hier noch einige Analysen des Regenwassers von J. Pierre und J. Schröder an.

Pierre, der das Regenwasser zu Caën gesammelt hatte, fand in 5 Kilogr. 123 Milligr. Rückstand und in diesen an Chloriden und Sulfaten:

Chlornatrium	22,03 Milligr.
Chlorkalium	4,80 "
Chlormagnesium	1,46 "
Chlorcalcium	1,70 "
Schwefelsaures Natron	4,94 "
Schwefelsaures Kali	4,98 "
Schwefelsaure Kalkerde	3,66 "
Schwefelsaure Magnesia	3,22 "

Kohlensaurer Kalk, der in bedeutender Menge vorhanden war, und die organischen Stoffe sind nicht bestimmt worden.

Schröder untersuchte das Regenwasser, gesammelt zu Tharand und Grillenburg, wobei ersterer Ort eine Rauchgegend, letzterer dagegen eine weniger vom Rauche heimgesuchte typische Waldgegend repräsentiren sollte. Die im Jahre 1870/71 zu Tharand gefallene Regenmenge betrug 3539,2 und die zu Grillenburg 3556,5 Kubitzoll pro Quadratsfuß. In 1000 Litern wurde gefunden:

In Säure unlösliche Stoffe	Organische Stoffe (Staub, Kohle zc.)	Tharand	Grillenburg
	Mineralische Substanzen	5,7884 Gr.	4,1712 Gr.
	Kali	0,5279 "	0,5370 "
	Natron	0,7449 "	0,8514 "

	Charand	Grillenburg
Kalk .	0,6088 Gr.	0,7670 Gr.
Magnesia	0,2062 "	0,1725 "
Eisenoxyd	1,7883 "	0,3732 "
Schwefelsäure	1,8403 "	0,8584 "
Phosphorsäure	0,2258 "	0,0956 "
Chlor	0,4177 "	0,1677 "
	<hr/>	<hr/>
	25,3473 "	10,9043 "

C. Bedeutung des Wassers für die Pflanzen und Wassergehalt der letzteren.

§ 72.

a. Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben.

Die Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben ist, wie wir schon früher gesehen haben, der des Sauerstoffs vollständig gleichzusetzen.

Die Thätigkeit des Wassers beginnt bei der Keimung und dauert fort bis zur Fruchtbildung. Wie das Wasser beim Keimen die Verflüssigung der im Eiweißkörper des Samens befindlichen Stoffe zu bewerkstelligen hat, so ist dies auch für das weitere Leben der Pflanze seine Aufgabe: es muß die im Pflanzensaft enthaltenen Stoffe in einer bestimmten Lösung erhalten, damit sich dieselben in der Pflanze bewegen und diese die ihr eigenthümlichen Stoffe aus denselben bilden kann. Diese hohe Bedeutung des Wassers sehen wir in sehr trocknen Jahren, vor allem auf leichten, sandigen Bodenarten in hervorragender Weise auftreten, wir können sie ferner im Kleinen in unseren Gärten und bei unseren Topfgewächsen täglich beobachten. Durch den Mangel an Wasser wird der Pflanzensaft, dem die Ernährung der Pflanzen obliegt, verdickt und kann dann nicht mehr in der früheren Weise die Ernährung derselben besorgen, so daß beim längeren Mangel an Wasser das Leben in den Pflanzen aufhören, dieselben eingehen müssen. Die so äußerst günstige Wirkung des Wassers zeigt sich nach einem nach längerer Dürre fallenden Regen am schönsten.

§ 73.

b. Wassergehalt der Pflanzen.

Die Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben thut

ferner die Menge, in welcher es in der Pflanze und allen Theilen derselben vorkommt, dar: die in voller Entwicklung stehenden Pflanzen enthalten auf 1 Th. Trockensubstanz 4—9 Theile Wasser.

In den folgenden Tabellen stelle ich den Wassergehalt unserer wichtigsten Kulturpflanzen und deren Theile zusammen und zwar theils aus dem Grunde, um dadurch das soeben Gesagte weiter zu illustriren, theils auch deshalb, weil diese Zahlen später noch weiter nothwendig werden.

Zuerst führe ich den Wassergehalt einer großen Reihe von Futterpflanzen nach den Analysen von Ritthausen und Scheven an.

<i>Agrostis canina</i>	71,4	%	(Hundswindhalm),
<i>Aira caespitosa</i>	70,3	"	(Nasenschmiel),
<i>Alopecurus geniculatus</i> ..	76,9	"	(Geknieter Fuchschwanz),
„ <i>pratensis</i> .	66,8	"	(Wiesen-Fuchschwanz),
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	72,0	"	(Gelbes Ruchgras),
<i>Avena pubescens</i>	73,1	"	(Kurzhaariger Hafer),
<i>Cynosurus cristatus</i>	72,6	"	(Gemeines Kammgras),
<i>Dactylis glomerata</i>	65,1	"	(Gemeines Knaulgras),
<i>Festuca pratensis</i>	74,8	"	(Wiesen-Schwingel),
„ <i>rubra</i>	73,5	"	(Rother Schwingel),
<i>Glyceria fluitans</i>	77,7	"	(Fluthendes Süßgras),
<i>Holcus lanatus</i>	75,1	"	(Wolliges Honiggras),
<i>Phalaris arundinacea</i>	68,9	"	(Rohrblättriges Glanzgras),
<i>Poa pratensis</i>	62,0	"	(Wiesen-Rispengras),
„ <i>trivialis</i>	78,0	"	(Gemeines Rispengras),
<i>Triticum caninum</i>	70,0	"	(Hundswelzen),
<i>Arrhenaterum elatius</i>	67,0	"	(Hoher Glatthafer),
<i>Avena flavescens</i>	59,5	"	(Gelblicher Hafer),
<i>Bromus mollis</i>	66,8	"	(Weichhaarige Treppe),
<i>Lolium italicum</i>	71,7	"	(Italienisches Raigras),
<i>Phleum pratense</i>	75,2	"	(Wiesen-Lieschgras),
<i>Trifolium repens</i>	68,2	"	(Kriechender Klee),
<i>Trifolium filiforme</i>	75,4	"	(Fadenförmiger Klee),
<i>Vicia Sepium</i>	77,7	"	(Jaun-Wicke),
„ <i>Cracca</i> .	75,0	"	(Vogel-Wicke),
<i>Lamthyrus pratensis</i>	76,1	"	(Wiesen-Platterbse),
<i>Lotus corniculatus</i>	79,2	"	(Gehörnter Schotenklee),
„ <i>major</i>	76,1	"	(Sumpf-Schotenklee).

In der jetzt folgenden Tabelle habe ich in Durchschnittszahlen von einer Anzahl von Analysen den Wassergehalt der vornehmsten Kulturpflanzen und ihrer Theile zusammengestellt.

Ich gebe hier gleich die Mittelzahlen, da der Wassergehalt auch bei den verschiedensten climatischen und Bodenverhältnissen nicht sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, z. B. lange nicht in dem Maaße variirt, als der Gehalt der Asche und

deren Bestandtheile, weshalb ich die Anführung der diesen Mittelzahlen zu Grunde liegenden Angaben hier übergehen zu können glaube. Ich bemerke nur noch vorher, daß ich zu diesen Mittelzahlen vor Allem die Analysen von Anderson, Boussingault, Fehling und Faust, Fresenius, Grouven, Hellriegel, Mayer, A. Müller, Péligot, Ritthausen, Völker, Way und Ogston, E. Wolff und von mir benutzt habe.

Name der Pflanze.	Name des Pflanzentheiles.	Wassergehalt in Procenten.	Zahl der benutzten Analysen.
Weizen	Same	12,3	83
	Stroh	13,1	46
Roggen	Same	14,0	20
	Stroh	15,6	4
Gerste	Same	13,5	60
	Stroh	14,0	9
Hafer	Same	13,0	33
	Stroh	15,4	8
Mais	Same	13,5	9
	Stroh	14,0	2
	ganze Pflanze } grün	86,39	3
Erbsen	Same	13,6	13
	Stroh	14,2	3
	Blätter am 20./6.	81,9	1
	" am 20./7.	77,9	1
"	Stengel am 20./6.	84,0	1
	" " 20./7.	84,0	1
	Same	12,5	11
Bohnen	Stroh	18,6	3
	Blätter	82,6	1
" (Saubohnen)	Stengel	90,1	1
	Same	13,6	5
Wicken	Stroh	14,5	3
	grüne am 13./5.	83,7	1
	" " 12./6.	83,2	1
	" " 23./6.	82,9	1
	" " 12./7.	81,6	1
	Blätter am 12./6.	83,1	1
	" " 12./7.	73,8	1
	Stengel am 12./6.	87,3	1
	" " 12./7.	84,0	1
	Lupinen	Same	12,8
Stroh		14,2	1
grüne		86,9	3
Buchweizen	Same	14,0	1

Name der Pflanze.	Name des Pflanzentheiles.	Wassergehalt in Procenten.	Zahl der benutzten Analysen.
Haaps	Same	11,0	1
	Stroh	19,9	1
Kartoffeln	Knollen	76,0	33
	Kraut	85,1	10
Turnips	Wurzel	91,0	40
	Blätter	88,5	32
	Blätter von blühenden Pflanzen	88,4	1
Munkelrüben	Wurzel	88,2	17
	Blätter	90,8	4
Zuckerrüben	Wurzel	81,9	15
	Blätter	89,7	2
Mohrrüben	Wurzel	86,0	24
	Blätter	78,5	5
Flachs, feinfaseriger	Same	12,33	1
	Ganzer Stengel	11,60	1
	Samenkapsel	13,33	1
	Blätter	12,66	1
Flachs, grobfaseriger	Same	11,00	1
	Ganzer Stengel	20,71	1
Hopfen	Hopfenzapfen	10,08	3
	Blüthen	13,00	1
	Blätter	11,80	1
	Ranken	10,40	1
Taback	Blätter	87,1	2
	Stengel	85,8	1
	Wurzel	84,1	1
Mother Klee	Same	17,27	1
	Ganze Pflanze (Knospung)	83,75	5
	Ganze Pflanze (Angehende Blüthe)	80,25	3
	Ganze Pflanze (Volle Blüthe)	78,32	14
	Ganze Pflanze (Heu)	16,0	24
Weißer Klee (<i>Trifolium repens</i>)	Same	12,15	1
	Ganze Pflanze (Blüthe)	81,65	2
	Ganze Pflanze (Heu)	16,7	1
Incarnatklee (<i>Trifolium incarnatum</i>)	Ganze Pflanze (Blüthe)	82,60	3
Schwedischer Klee (<i>Trifolium hybridum</i>)	Ganze Pflanze (Vor d. Blüthe)	83,60	2

Name der Pflanze.	Name des Pflanzentheiles.	Wassergehalt in Procenten	Zahl der benutzten Analysen.
Schwedischer Klee (<i>Trifolium hybridum</i>)	Ganze Pflanze (Ende d. Blüthe)	81,40	2
	Ganze Pflanze (Heu)	16,70	1
Gelber Hopfenklee (<i>Medicago lupulina</i>)	Ganze Pflanze (Blüthe)	77,80	3
	Ganze Pflanze (Heu)	16,40	2
Luzerne (<i>Medic. sativa</i>)	Same	?	
	Ganze Pflanze (Beginn d. Blüthe)	78,27	3
	Ganze Pflanze (Ende d. Blüthe)	71,65	2
	Ganze Pflanze (Heu)	15,65	4
Eßsparsfette (<i>Onobrychis sativa</i>)	Same	?	
	Ganze Pflanze (Blüthe)	77,75	4
	Ganze Pflanze (Heu)	16,7	4
Wiesengras	Ganze Pflanze (grün)	71,90	
Wiesenspflanzen	(Heu)	14,4	20

D. Aufnahme des Wassers durch die Pflanzen.

§ 74.

Daß das Wasser durch die Wurzeln in die Pflanze gelangt, bedarf des Nachweises nicht, da ja die Wurzeln, wie wir wissen, die Hauptorgane für die Ernährung der Pflanzen sind. Zu untersuchen bleibt hier aber, ob auch die Blätter Wasser aufnehmen können und in welchem Aggregat-Zustande sich das durch die Blätter aufgenommene befinden muß, ob dieselben nur flüssiges, oder ob sie auch gasförmiges, ob sie also nur durch den Regen und Thau, oder ob sie auch durch den Nebel u. s. w. direct Wasser erhalten können.

Was zunächst die Frage anbetrifft, ob die Pflanze überhaupt im Stande ist, durch die oberirdischen Theile Wasser zu absorbiren, so glaube ich, daß dieselbe bejahend beantwortet werden muß, wie dies schon von Mariotte in der 2ten Hälfte

des 17. Jahrhunderts geschehen ist. Legt man etwas abgewelkte Zweige oder Blätter in der Art in Wasser, daß die Schnittflächen außerhalb desselben bleiben, so sieht man dieselben nach und nach ihre frühere Straffheit wieder annehmen, was nur durch Wasseraufnahme durch die Blattoberfläche zu erklären ist.

Bonnet spricht sich ebenfalls dafür aus, daß die oberirdischen Theile Wasser aufnehmen können (Thau).

Neuere Versuche zur Beantwortung der Frage, ob die oberirdischen Theile der Pflanzen Wasser aufnehmen können, liegen jetzt mehrere vor, so von Dutrochet, Le Cailletet, Boussingault, G. Baillon, J. Böhm, J. L. Vanessan, dem Verfasser und Anderen.

Dutrochet untersuchte, ob Regenwasser, Thau oder Nebel von den Blättern der Pflanzen absorbiert werden können, und sieht sich durch die Resultate seiner Versuche zur Verneinung dieser Frage veranlaßt.

Dutrochet operirte in folgender Art: Er brachte den Topf mit der Erde, in welcher sich die Pflanzen befanden, in einen Glaszylinder und verschloß diesen dann so, daß weder Wasser aus der Erde verdunsten, noch von außen her etwas zu demselben gelangen konnte. Der Apparat mit der betreffenden Pflanze wurde gewogen und dann längere oder kürzere Zeit (bis 18 Stunden) dem Regen, Thau oder Nebel ausgesetzt und darauf wieder gewogen.

Dutrochet nahm an, daß, wenn die Pflanze durch die Blätter Wasser aufnehme, dies sich durch eine Gewichtszunahme des Apparats zeigen müsse. Da bei diesen Versuchen keine Gewichtszunahme oder, wenigstens nur eine geringe statt hatte, so schloß Dutrochet hieraus, daß von den Pflanzen durch die Blätter kein Wasser aufgenommen sei. Bei den Versuchen über die Aufnahme von Regenwasser durch die Blätter operirte Dutrochet mit *Fuchsia globosa*, *Veronica Lindleyana* u. a., bei denen, wo über die Aufnahme des Thaus durch die Blätter entschieden werden sollte, mit *Fuchsia globosa* und *cordifolia*, *Mercurialis annua*, u. a., und schließlich bei denen, welche die Frage in Betreff der Aufnahme des Nebels durch die Blätter beantworten sollten, mit *Veronica Lindleyana* und *Hortensia*.

Dutrochet schließt aus diesen Versuchen, daß Regen, Thau und Nebel von den Blättern direct nicht aufgenommen werden, sondern daß dieselben nur indirect und zwar in der Art wirken, daß sie die Ausdünstung von Wasser durch die Blätter inhibiren. — Die Erde selbst nimmt Thau u. s. w. direct auf und führt denselben den Wurzeln zu.

Diese Versuche Dutrochet's können aber für die Frage nicht entscheidend sein, da er seine Schlüsse nur auf die Antwort der Waage stützte. Gingen während der Zeit des Versuches keine anderen Proceffe in der Pflanze vor sich und hätten die Pflanzen während der Zeit des Versuches ein Bedürfnis nach Wasser gehabt, worüber eine Angabe fehlt, so wäre der gezogene Schluß ein gerechtfertigter. Da aber in der Pflanze fortwährend sowohl bei Tage, wie in der Nacht, Proceffe vor sich gehen, welche auf das Ge-

wicht der Pflanzen insinuiren, so ist die Waage allein hier entschieden nicht maßgebend. Die Waage kann nur eine Gewichtsab- oder zunahme feststellen, aber nicht, worin dieselbe besteht.

§ 75.

Meiner Ansicht nach ist der einfachste Weg, um diese Frage endgültig zu beantworten, der, die Versuchspflanzen zunächst Wassermangel erleiden zu lassen und dann, wenn die äußeren Erscheinungen diesen zu erkennen geben, dieselben dem Regen, Thau oder Nebel auszusetzen und nun zu beobachten, ob sie die frühere Straffheit zc. wieder erhalten. Hierbei kann dann die Waage auch mit benützt werden, allein darf aber dieselbe nicht maßgebend, sondern vor Allem muß das Auge des Experimentators ausschlaggebend sein. Am geeignetsten ist zu solchen Versuchen der Sommer, weil man dann die atmosphärischen Niederschläge direct benutzen kann, während man sich dieselben im Winter künstlich herstellen muß. Wenn ich trotzdem die folgenden Versuche im Winter ausgeführt habe, so geschah dies, um bald ein brauchbares Resultat zu erhalten.

Ich benutzte zunächst *Dracaena rubra*, eine zu den Liliaceen gehörige Pflanze; der Versuch begann am 27. November; Pflanze mit dem Apparat wog an diesem Tage 1319,9 Grm.; vom 27. November bis zum 18. December, wo sich ein Wassermangel deutlich zu erkennen gab, blieb sie in einem unbewohnten Zimmer; am 18. December wog der Apparat mit der Pflanze 1285,0 Grm. Jetzt wurde die Pflanze unter eine Glocke, deren Luft vollständig mit Wasserdampf gesättigt war, gestellt; hierbei wurde der Pflanze sowohl gasförmiges, wie auch flüssiges Wasser geboten; hier blieb sie bis zum 6. Januar. Die Pflanze hatte während dieser Zeit ein viel frischeres Ansehen bekommen und wog jetzt mit dem Apparate 1304,0 Grm.

Die Pflanze war also dem Versuche vom 27. November bis zum 6. Januar, 42 Tage lang, ausgesetzt gewesen, ohne daß der Erde, in welcher sie sich befand, Wasser geboten worden wäre, und war am Schlusse des Versuchs, und sowie noch nach mehreren Monaten, durchaus frisch und gesund. Wenn ich bei diesem Versuche von den erhaltenen Zahlen vollständig abstrahire, so glaube ich, thut das soeben über das Befinden der Pflanzen Gesagte vollständig dar, daß die Pflanze durch die Blätter Wasser aufnehmen kann; wäre dies nicht der Fall, so hätte sie während der 42 Tage, die der Versuch dauerte, sicherlich eingehen müssen.

Mit dem Resultate meiner Versuche stimmen die von Cailletet, Boussingault, Bailion, Böhm und Lanesan vollkommen überein. Während die zuletzt genannten

Forſcher verweilte Zweige, Blätter zc. in Waſſer eintauchten und nach gewiſſer Zeit die volle Turgeſcenz derſelben beobachteten, wandte Cailletet ein auch von dem meinigen abweichendes, aber höchſt ſinnreiches Verfahren an, weſhalb ich daſſelbe in Folgendem kurz beſchreibe.

Cailletet führte in die eine Oeffnung eines mit doppelter Tubulatur verſehenen Glasgefäſes den zu unterſuchenden Zweig, ohne ihn von der Pflanze zu trennen und ſtellte darauf mittelſt eines Kautſchuckſtöpsels und leicht flüſſigen Kittes einen vollkommen dichten Verſchluß her; darauf füllte er das Gefäß mit Waſſer und brachte in die zweite Oeffnung eine communicirende Glasröhre von kleinem Durchmesser; welche als Manometer diente, indem jede noch ſo kleine Volumenveränderung des in dem Gefäße befindlichen Waſſers ſich durch Steigen oder Sinken des Waſſers in der engen Röhre kund gab. Mit Hülfe dieſes Apparates führte er eine große Menge von Verſuchen mit Zweigen von *Bignonia grandiflora*, Weiniſtock, *Eupatorium ageratioides* L. und *Fuchsia* aus. Aus den gewonnenen Reſultaten zieht Cailletet den Schluß, „daß eine Pflanze, welche in feuchtem Boden wächst und durch ihre Wurzeln die für den normalen Lebensunterhalt nöthige Waſſermenge erhält, tropfbar flüſſiges, ihre Blätter benetzendes Waſſer nicht aufnimmt, daß aber dieſe Ausnahme beginnt, ſobald die Blätter in Folge der Austrocknung des Bodens welk werden.“

Bedenken wir ferner noch, wie ſchnell ſich die Pflanzen im Sommer nach längerer Trockenheit bei eintretendem Regen erholen und ein friſches Anſehen erhalten, während doch die Aufnahme von Waſſer durch die Wurzeln und Aufſteigen deſſelben bis zu den Blättern wenigſtens 1 bis mehrere Stunden dauert, ſo glaube ich mit Sicherheit ausſprechen zu können, daß die Pflanzen im Stande ſind, durch die Blätter Waſſer aufzunehmen.

Ob die Pflanze das Waſſer durch die Blätter in flüſſiger und gaſförmiger Form aufnehmen kann, oder nur in der flüſſigen, iſt bis jetzt noch nicht mit Sicherheit anzugeben, wahrſcheinlich iſt indeſſen, daß ſie gaſförmiges Waſſer nicht aufzunehmen im Stande iſt.

E. Die Verdunstung des Waſſers durch die Blätter.

§ 76.

a. Geſchichtliche Entwicklung.

Der erſte, welcher auf die Abſonderung von dunſtförmigem Waſſer durch die Pflanze und auf die Wichtigkeit dieſer Erſcheinung für die Ernährung aufmerkſam machte, war *Mariotte* im Jahre 1679.

Die hohe Wichtigkeit dieser Action für die Pflanze läßt sich schon, wenn auch weiter nichts darüber bekannt wäre, aus der so sehr bedeutenden Menge des verdunstenden Wassers (siehe die späteren Angaben) schließen.

Wir wissen ja, daß das scheinbar kleinste in der Natur für seinen Platz doch durchaus nothwendig und unerseßlich ist, daß ohne Nutzen, ohne Zweck sowohl im pflanzlichen, wie im thierischen Organismus Nichts vorhanden ist, daß jede Thätigkeit im organischen Leben ihren bestimmten Zweck hat, wenn auch oft die Kurzsichtigkeit des Menschen denselben nicht zu erkennen vermag. Wenn wir aber eine durch ihre Größe schon bedeutende Thätigkeit ausüben sehen, so ist der Schluß, daß dieselbe für das Leben der Pflanze von höchster Wichtigkeit sein muß, ein durchaus gerechtfertigter.

Spezieller wurde nach *Mariotte* die Wasserabgabe der Pflanze durch die Blätter von *Hales* bearbeitet, welcher schon im Jahre 1738 durch Versuche die Menge des von einzelnen Pflanzen in einer bestimmten Zeit abgegebenen Wassers bestimmte. So beobachtete *Hales*, daß *Helianthus annuus* durchschnittlich in 24 St. 567 Grains Wasser, ein Kohlkopf 538 Grs. aushauchten, er fand ferner, daß Citronenbäume mit ihren lederartigen Blättern weniger Wasser, als Bäume, welche ihr Laub im Herbst abwerfen, abgeben. *Hales* bezeichnet die Blätter als die vorzüglichsten Organe für die Abgabe des Wassers.

Ferner machte *Guettard* im Jahre 1747 eine Anzahl von Bestimmungen über die Verdunstung der Pflanzen und fand z. B. daß ein Johannisbeerstrauch in 16 Tagen 8 Unzen 2 Quentchen,

Zahnwurz	„ 15	„ 5	„ 7 $\frac{1}{2}$	„	
Weißfuß	„ 15	„ 5	„ 7	„	51 Gran.
Karnelkirchenbaum	„ 14	„ 20	„ 4 $\frac{1}{2}$	„	
Flieder	„ 1	„ —	„ 7 $\frac{1}{2}$	„	10 „

Wasser abgaben.

Im nächsten Jahre stellte *Guettard* noch eine große Anzahl derartiger Versuche an, wobei er z. B. für den Färberbaum, 3 Unzen 2 Gran wiegend, während dreier Monate eine Wasserabgabe von 30 Unzen 18 Gran beobachtete; hierbei waren die Wägungen täglich gemacht und genaue Beobachtungen über die Temperatur, über Regen ic. angestellt.

Außer diesen Versuchen wurden im Ganzen noch 102, theils mit verschiedenen Pflanzen gemacht, theils mit denselben, aber mit verschiedenen Theilen derselben, theils auch zur Beantwortung der Frage, ob im Schatten oder Licht mehr exhalirt werde, ob der bedeckte Theil einer Pflanze auch verdunstet oder nicht.

Guettard fand nun, daß

- die Transpiration während der Nacht sehr gering ist;
- die directen Sonnenstrahlen die Transpiration vermehren, während sie im Schatten geringer ist;
- die immergrünen Pflanzen weniger, als die anderen transpiriren (dies war auch schon von *Hales* beobachtet);
- der bedeckte Theil einer Pflanze entweder nicht, oder wenigstens nur sehr schwach exhalirt;
- die Ausscheidung nach den Jahreszeiten eine verschiedene ist.

Weitere zahlreiche Versuche wurden von *Bonnet* angestellt; nach ihm sind die Blätter ebenfalls die eigentlichen Organe der Abgabe des Wassers, und zwar ist die untere Fläche derselben geneigter zur Transpiration als die obere. Diese Versuche wurden dann zum Theil wiederholt, zum

Theil in ihren Resultaten vermehrt von Sennebier, welcher nicht nur die Thatsache der Exhalation festzustellen, sondern auch den Ursachen derselben nachzuforschen versuchte. Sennebier gelangte durch seine Beobachtungen zu der Ansicht, daß nicht die Wärme, sondern das Licht die Ausscheidung hauptsächlich begünstige. Nach ihm ist das Verhältniß zwischen dem von der Pflanze aufgenommenen und dem von ihr abgegebenen Wasser an heißen Tagen = 15 : 13, sonst = 3 : 2 und nie unter 4 : 1. Nach Sennebier wurden dann von den nächsten Forschern die Specialitäten, bei der Wasserabgabe, näher untersucht. So fand v. Gleichen, der Entdecker der Spaltöffnungen der Blätter, daß diese die vorzüglichsten Organe der Wasserausscheidungen seien, was von Knight im Jahre 1803 bestätigt wurde, so daß von jetzt an von den Physiologen die Spaltöffnungen als die wesentlichsten Organe für die Abgabe des Wassers betrachtet wurden.

Jetzt wurde wieder von einigen Forschern zur Bestimmung der abgegebenen Wassermenge bei den einzelnen Pflanzen übergegangen. Saint-Martin fand, daß ein Kohlkopf in 24 Stunden 23 Unzen Wasser verdunstete, ferner ein Maulbeerbaum 18 Unzen, eine Maispflanze 7 Drachmen, Kohlstaupe 23 Unzen, Heliotrop 34 Unzen u. s. w.

Saint-Martin beobachtete ferner, daß nasse Erde mehr Wasser verdunstete, als reines Wasser; untersuchte dann, woher das von den Pflanzen verdunstete Wasser stamme, und kommt hier zu dem Resultate, daß der Regen u. s. w. des Sommers allein denselben das nothwendige Wasser nicht darbieten könne, weshalb die meteorischen Niederschläge des Winters den Pflanzen im Sommer ebenfalls als Quellen für die Wasseraufnahme dienen müssen. Weiter beobachtete er, daß die von einem nackten Boden verdunstete Wassermenge bedeutend größer sei, als die von einem Bewurzelten.

(Der Versuch war auf einer Wiese, bei welcher das Gras 15mal abgeschnitten wurde, gemacht.)

Von Plenk werden dann in seinem Buche über Physiologie u. s. w. der Pflanzen, die Arbeiten seiner Vorgänger, ohne daß die Namen derselben genannt sind, zusammengefaßt und die Gesetze für die Ausdünstung, wie folgt, aufgestellt, 1. die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen fördert die Ausdünstung, 2. kalte Witterung, sowie regnerische, feuchte Luft verringert sie, ja läßt sie fast aufhören; 3. starke Pflanzen dünsten mehr als schwache aus. Den Nutzen der Ausdünstung findet er darin, daß durch dieselbe die Pflanzen von ihren überschüssigen Säften befreit werden, weil die Pflanzen untergehen, wenn dieselben unterdrückt werden. Woodward, welcher ebenfalls mehrfache Bestimmungen über die Wasserabgabe macht und die Menge des exhalirten Wassers mit der von der Pflanze verbrauchten vergleicht, kommt hierbei zu dem Resultat, daß jenes das 46fache von diesem betrage.

De Candolle macht dann wieder die Art der Verdunstung zum Gegenstande seiner Untersuchungen; er unterscheidet bei der Wasserabgabe der Pflanzen zwischen unmerklichem Abgang des Wassers und wässeriger Aushauchung; ersteren hält er für einen physikalischen Proceß, letztere dagegen für einen Lebensact der Pflanze; ersteres findet nach ihm bei allen Pflanzentheilen statt, welche Wasser enthalten, z. B. bei den Früchten, Knollen u. s. w.; letzteres werde dagegen vorzüglich nur durch die Blätter und bei diesen durch die Spaltöffnungen bewirkt.

Miquel untersucht darauf den Einfluß des Lichtes auf die Ausdünstung und findet, daß sich die Ausdünstung unter dem Einfluß des

Lichtes, wenn alle übrigen Momente gleich gesetzt werden, zu der bei vollkommenem Lichtmangel wie 1 : 0,59 verhalten.

Wir kommen jetzt den Arbeiten der Neuzeit, zu denen auch schon die von de Candoile und Miquel zu zählen sind, näher. Setzt ist zunächst Schleiden zu nennen, welcher in seinen Grundsätzen der wissenschaftlichen Botanik die Ausdünstung in einer nicht vollständig mit Wasser geschwängerten Atmosphäre für einen rein physikalischen Proceß erklärt, der bewirkt werde und abhängig sei von der Trockenheit und Bewegung der Atmosphäre, der Temperatur und der Oberfläche. Auch Schleiden hält die Spaltöffnungen für die Organe der Ausdünstung; dies wird auch von H. v. Mohl durch Versuche bestätigt.

b. Menge des von den Pflanzen transpirirten Wassers.

Bei der geschichtlichen Entwicklung haben wir bereits mehrfach Gelegenheit genommen, Angaben über die Menge des in gewisser Zeit von verschiedenen Pflanzen transpirirten Wassers zu machen; so sind bereits die von Hales, Guettard und Saint-Martin nach dieser Richtung hin erzielten Resultate aufgeführt. Weitere zahlreiche Versuche über die Menge des von verschiedenen Pflanzen in bestimmter Zeit exhalirten Wassers sind in der Neuzeit gemacht, von denen wir hier die folgenden aufführen.

Schübler bestimmte die Wasserabgabe von *Poa annua* und Hopfen: ein Quadratfuß Boden mit ersteren Pflanzen bedeckt, gab täglich 1,184 Pfund ab, dies macht für den Morgen auf die 6 Sommermonate berechnet 6,100925 Pfd. Wasser; bei Hopfen betrug die Menge des verdunsteten Wassers für die Pflanzen eines Morgens circa $4\frac{1}{2}$ Millionen Pfd.

Lawes ermittelte die Größe der Wasserabgabe bei 3 Weizen- und 3 Gerstenpflanzen, 1 Bohnen- und 1 Erbsenpflanze. Jede verlor in 172 Tagen, während sie sich entwickelte, blühte und reifte 7—8 Kilogr., eine Klee- pflanze ungefähr 4 Kilogr. Wasser. Lawes zeigte dann, daß die Transpiration im Juli und August am stärksten ist: sie betrug z. B. das 4fache von der im Mai.

Rnop beobachtet die Wasserabgabe bei verschiedenen Pflanzen wie folgt:

1 Mill. Blätter des Weinstocks	verdunsten in 24 St.	5616 Kilogr. Wasser.
1 " " der Georginen	" " " "	3168 " "
1 " " " Erlen	" " " "	10296 " "
1 " " " Erdbeeren	" " " "	3960 " "
1 " " " Buchen	" " " "	144 " "
1 " " " Weiden	" " " "	1128 " "
1 " " des Rapfes	" " " "	8352 " "

Unger, welchem wir eine sehr eingehende Arbeit über die Transpiration verdanken, stellte seine Versuche unter anderen mit *Digitalis purpurea* an; ich führe die durch eine Anzahl von Versuchstagen täglich gewonnenen Resultate auf der folgenden Tabelle (p. 225) an, um hierdurch zugleich die Verschiedenheit der Transpiration derselben Pflanze unter verschiedenen Verhältnissen zu zeigen.

Hofaeus operirte mit 5 Pflanzenarten, welche in Bechergläsern, die mit 1000 Grm. lufttrockener Feinerde gefüllt und mit 100 Grm. Wasser begossen — das Wasser, so oft als erforderlich während des Versuches erneuert — befindlich waren. Die Gläser waren so aufgestellt, daß die Einwirkung von Luft und Wärme möglichst auf die Bodenoberfläche beschränkt, und daß Luft und Wärme zu sämtlichen Gläsern gleichmäßig Zutritt hatten. Die Bestimmung der transpirirten Wassermenge wurde in der Art bewirkt, daß für jede Bodenart 2 Gläser ohne Pflanzen präparirt waren, die sonst ganz ebenso wie die mit Pflanzen bestellten behandelt wurden. Die Gewichts-differenz zwischen der Verdunstung der mit Pflanzen bestellten und der ohne Pflanzen befindlichen Gläser ergab die von den Pflanzen erhaltene Wassermenge.

Hofaeus fand bei der gelben Futtererbse und der zweizeiligen Sommergerste, welche in einer als Quarzsandboden bezeichneten Erde befindlich waren, vom 24. Juni, dem Tage an welchem die Pflänzchen den Erdboden durchbrachen, bis zum 28. August, an welchem Tage die Entwicklung der Erbse als abgeschlossen betrachtet werden konnte, während die Gerste bei einer Länge von 60 Cmr. eine unvollkommene Mehre mit einer geringen Körneranzahl hatte, die verdunstete Wassermenge

bei 1 Gerstenpflanze zu 249 Grm.

„ 1 Erbsenpflanze „ 466 „

Bei einer 2. Versuchsreihe, zu welcher sandiger Lehm als Boden diente und welcher mit einer rothen Wuffbohne, je 2 Futterwicen und Hafer bestellt war, waren vom 20. Juli bis zum 28. October, in welcher Zeit die Bohnenpflanzen die verschiedenen Entwicklungsstadien normal durchlaufen, die Haferpflanzen bis zum Ende und zur Stockbildungsperiode gelangt (Höhe 80 Cm.) und die Wicke nicht ganz normal entwickelt war, (Höhe 35 Cm.; Gewicht der grünen oberirdischen Organe zweier Pflanzen 4 Grm.) verdunstet von:

1 Bohnenpflanze 1040 Grm.

2 Wickenpflanzen 504 „

2 Haferpflanzen 888 „

Diese Versuche zeigen die Verschiedenheiten der Wasserverdunstung bei den Kulturpflanzen und zugleich die hohe Bedeutung derselben sehr schön und weisen zugleich darauf hin, daß bei der Aufstellung der Fruchtfolge, wie der Verfasser richtig bemerkt, die Wasserverdunstung der einzelnen Pflanzen Berücksichtigung finden möchte.

E. Nisler, welcher eine Anzahl von Versuchen über die Transpiration der Pflanzen ausgeführt, hat die Verdunstung in einer Stunde und für einen Quadratdecimeter Blattoberfläche im Mittel der ganzen Vegetationszeit für nachstehende Pflanzen, wie folgt, ermittelt:

Luzerne	0,46	Grm. Wasser.
Kohl .	0,25	„ „
Apfelbaum	0,23	„ „
Rasen	0,21	„ „
Weizen	0,175	„ „
Mais	0,16	„ „
Hafer .	0,14	„ „
Weinstock	0,12	„ „
Kartoffel	0,085	„ „
Eiche	0,06	„ „
Fichte	0,052	„ „
Nußbaum	0,04	„ „
(juglans)		

Zeit der Beobachtung.	Verlust durch Transpiration.	Temperatur der Luft.	Abso- lute Luftfeuch- tigkeit in %.	Witterungsver- hältnisse.	Aussehen der Pflanze.	Gewinn an Wasser durch Befeechtung.
7. Juni 1853	41,25	19,0° C.	77,4	{ Einzelne Sonnenstrahlen, Nachregen.		100
8. "	26,55	19,5 "	68,1	{ Gewitter, heiter, etwas Regen.		
9. "	43,25	20,2 "	67,2	{ Heiter, Sonne.		
10. "	31,11	18,0 "	78,5	{ Wenig Regen, heiter.		
11. "	22,94	17,2 "	73,3	{ Wolkenbruch, heiter.		
12. "	35,90	16,5 "	70,1	{ Heiter, Sonne, trübe.		
13. "	26,48	15,3 "	87,6	{ Trübe und Regen.		
14. "	34,20	19,4 "	71,6	{ Trübe, Sonnenschein.		
15. "	34,79	17,8 "	63,1	{ Sonnenschein.		
16. "	29,08	15,6 "	98,7	{ Trübe, Regen, trübe.		90
17. "	21,35	17,3 "	86,9	{ Regen, trübe, Sonne, Gewitterregen.	{ Die unterste Coralle fängt an sich zu entwickeln, die unterste geöfnet.	
18. "	19,60	18,7 "	81,9	{ Sonne, Gewitterregen, Regen.	{ Alle Blätter schlaf.	100
19. "	12,10	16,0 "	91,6	{ Regen, trübe, Gewitterregen, Regen.		
20. "	22,35	19,0 "	78,5	{ Trübe, Sonnenschein.		
21. "	22,75	14,7 "	81,9	{ Heftiger Wind, trübe, Sonne, trübe.	{ Alle Blätter wieder steif, die Pflanze in voller Blüthe.	

Bei Zugrundelegung dieser Zahlen berechnet Nisler unter Berücksichtigung der Flächenausbreitung der oberirdischen Pflanzentheile, daß der Bedarf dieser Pflanzen an Wasser durch einen Niederschlag gedeckt werde, welcher täglich zu betragen hätte:

für Luzerne	3,4 — 7,0	Millim.
„ Wiesen	3,14 — 7,28	„
„ Hafer	3,9 — 4,9	„
„ Bohnen über	3,0	„
„ Mais	2,8 — 4,0	„
„ Weizen	2,67 — 2,8	„
„ Klee	2,86	
„ Roggen	2,26	
„ Weinrebe	0,86 — 1,3	„
„ Kartoffeln	0,74 — 1,4	„
„ Tanne	0,5 — 1,1	„
„ Eiche	0,45 — 0,8	„

Schließlich führe ich noch einige Angaben von Haberlandt an, welcher, wie er angiebt, zur sicheren Beantwortung der Frage, wie viel Wasser unsere Culturpflanzen während ihrer Vegetationszeit an ihren oberirdischen Theilen verdunsten, eine Reihe von Versuchen mit Weizen, Roggen, Gerste und Hafer anstellte. Zur Beantwortung der Frage führte er 2 Versuchsreihen aus, von welchen die eine 2 $\frac{1}{4}$ und die andere 4 Tage dauerte. Zu diesen Versuchen wurden die Pflanzen in 3 verschiedenen Vegetationsstadien, nämlich vor dem Schossen, vor der Blüthe und nach der Blüthe benutzt. Durch die der Zeit nach verschieden erfolgte Aussaat, vermochte Haberlandt die Versuche in diesen verschiedenen Vegetationsstadien zu derselben Zeit anzustellen. Zur Versuchsanstellung wurden die Pflanzen dem Boden entnommen, wobei die Mehrzahl der feinen, die Wasseraufnahme bewirkenden Wurzelenden abriffen, und in mit Wasser gefüllte Cylinder mit den Wurzeln der Art eingeseht, daß die 8—10 Cm. über dem tiefsten Knotenpunkt befindlichen Halmttheile mit allen grünen Theilen aus dem Cylinder heraussteckten. Der erste, 2 $\frac{1}{4}$ Tage dauernde Versuch (vom 31. Juli bis 2. August) war vorherrschend von heiterer, der zweite (4 Tage, vom 4.—8. August) von meist regnerischer Witterung begleitet.

Die folgende Tabelle zeigt die für 100 □ Cm. Oberfläche in 2 $\frac{1}{4}$, resp. 4 Tagen erhaltenen Verdunstungsgrößen in Gramm.

	Weizen.		Roggen.		Hafer.		Gerste.	
Junge Pflanze vor dem Schossen	16,67	11,45	9,18	10,92	8,93	10,30	17,29	10,96
Mittlere Pflanze vor der Blüthe	7,65	8,82	7,59	7,40	6,56	7,85	10,27	7,93
Pflanze nach der Blüthe	6,38	9,92	6,10	6,04	6,48	6,79	8,95	7,24

Hieraus berechnet Haberlandt die von 100 □ Cm. Oberfläche pro Tag im Mittel, während der ganzen Vegetationszeit verdunstete Wassermenge:

bei Sommerweizen zu	3,532	Grm.
„ Roggen	2,849	„
„ Gerste	3,794	„
„ Hafer	2,666	„

Nachdem Haberlandt am Schlusse der Versuche die gesammte Oberfläche der betreffenden Pflanzen in den Vegetationsstadien bei Normalpflanzen jeder Periode durch sorgfältige Messung ermittelt, gelangt er durch Rechnung, welcher die angegebenen Daten zu Grunde gelegt sind, zu der folgenden von einer Pflanze während ihrer ganzen Vegetationsperiode verdunsteten Wassermenge:

Hafer	2776,76	Grm.
Sommergerste	1236,71	„
Sommerweizen	1179,92	„
Sommerroggen	834,89	„

Ein Million Pflanzen (Zahl der auf dem Hectar befindlichen) verdunstet hiernach:

bei Weizen	1,179920	Kilo
„ Roggen	834890	„
„ Gerste	1,236710	„
„ Hafer	2,777760	„

Diese Angaben, welche gegen die anderer Forscher, wie Schübler, Lawes, Nisler sehr niedrig sind, glaubt Haberlandt für solche erachten zu können, welche der Wirklichkeit sehr nahe kommen. So sehr ich auch der großen Sorgfalt und Mühe der Arbeit gerne alle Anerkennung zolle, so kann ich diese Ansicht doch nicht als wirklich richtig gelten lassen und muß daher bei der hohen Bedeutung der Frage wenigstens folgende Bedenken in Kürze aussprechen.

1. Die Beobachtungen der 3 verschiedenen Vegetationsstadien geschahen zu derselben Zeit; sind die Bedingungen der Transpiration für die junge Pflanze in ihrer normalen Entwicklungszeit wirklich dieselben, wie zur Zeit der Beobachtung?

2. Die Feststellung der Gesamtoberfläche der Pflanzen hat große Schwierigkeiten; die Berechnung aber der während der Vegetationszeit transpirirenden Oberfläche der Pflanzen aus der in den 3 Entwicklungsstadien ermittelten Oberfläche doch wahrlich viel Bedenkliches.

Nisler, der für 100 □Cm. Oberfläche in 24 Stunden im Mittel ähnliche Zahlen als Haberlandt erhalten hat, berechnet für die ganze Vegetationszeit ziemlich genau das Doppelte von dem, was Haberlandt durch seine Rechnung erhielt.

Sichere Angaben über die Verdunstungsgröße können nur durch Beobachtung während der ganzen Vegetationszeit erhalten werden.

3. Nicht weniger Bedenkliches muß die Berechnung der Verdunstungsgröße für die ganze Vegetationszeit aus der immerhin nur kurzen Beobachtungszeit für die 3 Perioden auf das ganze Leben der Pflanze haben.

Es liegen, wie die obigen Angaben zeigen, jetzt eine Anzahl von Versuchen über die Menge des von den verschiedenen Pflanzen transpirirten Wassers vor. Die erhaltenen Resultate differiren aber leider derartig, daß wir heute noch nicht in der Lage sind, die vorliegenden Zahlen in der Art zu benutzen, daß

sich aus denselben ergebe, die einzelnen landwirthschaftlichen Culturpflanzen, denn um diese handelt es sich ja hier nur, transpiriren während der Vegetation im Mittel so und so viel Kilogrammes Wasser. Aus diesem Grunde ist bis jetzt auch der Wasserbedarf der Pflanzen nicht einmal annähernd sicher zu bestimmen.

e. Die Transpirations-Wirkungen.

Die Transpiration, welche von mehreren Forschern vor allem als ein physikalischer Act bezeichnet wird, ist trotzdem bedeutend complicirter Natur, so daß heute eine genaue Analyse derselben noch nicht möglich ist. Wenn ich im Nachfolgenden versuche, die bis jetzt erkannten Transpirations-Wirkungen zusammenzustellen, so kann diese Darlegung durchaus nicht auf Vollständigkeit Anspruch machen, sondern nur als ein Versuch, das bis jetzt Bekannte zusammenzufassen.

Der Hauptort der Transpiration der Blätter sind, wie zunächst nochmals hervorgehoben werden mag, die Spaltöffnungen, wie dies bereits von von Gleichen dargethan und von fast allen späteren Forschern bestätigt worden ist.

1. Die Größe der Verdunstung der Pflanzen ist eine sehr verschiedene.

Geeignete Belege für diesen Satz bieten die unter b aufgeführten Angaben über die Menge der von verschiedenen Pflanzen transpirirten Wassermenge dar. Die Verschiedenheit in der Transpirationsgröße, welche die unter b gegebenen Zahlen zeigen, hängt vor Allem mit von dem Charakter der Pflanzen und zwar speciell von der Beschaffenheit der Blattoberfläche ab. Eine Proportionalität der Verdunstung mit der Größe der Blattfläche, wie dies vielfach angenommen, kann nur in sehr beschränktem Grade als richtig hingestellt werden. Sachs sagt hierüber sehr richtig: „Bei der Ungleichartigkeit der Blattfläche in sich und bei dem Umstande, daß die Verdunstung nicht an der Oberfläche, sondern an den Intercellularräumen stattfindet, kann eine Annahme jener Proportionalität nur als eine unvollkommene, nur in Ermangelung einer besseren gelten.“

Folgende Versuche von Unger mögen zur weiteren Illustration des Gesagten gelten, wobei ich noch bemerke, daß die Zahlen sich auf gleiche Blattoberfläche beziehen.

Name der Pflanze:		Name der Pflanze:		Name der Pflanze:	
Zeit.	Verbasum Thapsus. Blattoberfläche = 540 □ Ctm. Wasser in 24 Stunden.	Polygonum lapathifolium. Blattoberfläche = 334 □ Ctm. Wasser in 24 Stunden.	Zeit.	Sachuca sativa. Blattoberfläche = 504 □ Ctm. Wasser in 24 Stunden.	Fragaria elatior. Blattoberfläche = 311 □ Ctm. Wasser in 24 Stunden.
21.—22. Juli	18,9	frisch	28.—29. Juni	17,7	vollkommen frisch
23. Juli	15,1	60,5	30. Juni	7,7	12,3
24. Juli	16,1	59,5	1. Juli 2. "	40,9	65,3
25. "	11,8	36,8		63,2	94,7
26. "	21,0	51,4			
27. "	10,4	22,1			
28. "					
	93,3	286,0		129,5	198,6

Die untersten Blätter welk

5 Bl. welk
8 Bl. welk

Ähnliche Bedenken stellen sich der Ansicht entgegen, daß die Transpiration zum Gewichte oder zum Volumen der Blätter in einem einfachen Verhältniß stehe.

2. Auch bei derselben Pflanze ist die Transpiration eine sehr wechselnde.

Auf die Größe der Transpiration derselben Pflanze wirken verschiedene Factoren, von denen hier die Wärme, der Wassergehalt der Luft, das Licht, die Tageszeit, die Erschütterung der Pflanze und die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens zu nennen sind.

α. Die Wärme.

Da die Transpiration vor Allem ein physikalischer Act ist, so folgt auch bereits hieraus, daß wie von der Wasserfläche, auch von der Blattfläche unter sonst gleichen Umständen, bei der Steigerung der Temperatur umsomehr Wasser in Gasform abgegeben werden muß. Je höher daher die Temperatur, um so größer ist unter sonst gleichen Bedingungen die Menge des transpirirten Wassers.

β. Wassergehalt der Luft.

Der Wassergehalt der Luft influirt ebenso wie die Temperatur auf die Verdunstungsgröße der Pflanzen: Je niedriger derselbe, um so höher die Verdunstungsgröße, und umgekehrt, je höher jene, um so niedriger diese. Als Beweis für das eben Gesagte mögen die folgenden Versuche von Unger dienen.

Zur Ermittlung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit auf die Verdunstung benutzte Unger zwei gleichartige Pflanzen von *Ricinus communis*. Nr. 1 blieb frei, Nr. 2 dagegen wurde so von einer Glocke bedeckt, daß sich die Pflanze fortwährend in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre befand. Die Blattoberfläche bei I. betrug 190, und die von II. 160 □Centimeter, letztere sind in der folgenden Tabelle (p. 231) auf 190 berechnet. Das Verhältniß zwischen der Verdunstung von I. zu II. ist somit = 10,44 : 1.

Daß in einer mit Wasserdunst vollständig gesättigten Atmosphäre eine Verdunstung der Pflanzen, sobald sie dem Sonnenlicht ausgesetzt sind, noch stattfindet, wird ferner von Dehérain bestätigt, was Eder dagegen in Folge seiner Versuche in Abrede stellt.

Zeitdauer der Beobachtung.	Verlust an Wasser.		Temperatur der Luft.
	I.	II.	
Vom 19. Juli, 7 Uhr Abends bis 20. " " " "	11,60	1,66	16
Vom 20. Juli, 7 Uhr Abends bis 21. " " " "	17,05	1,14	13,6
Vom 21. Juli, 7 Uhr Abends bis 22. " " " "	16,77	1,55	15,4
Zusammen:	45,52	4,35	

γ. Das Licht.

Ob das Licht an sich einen Einfluß auf die Transpiration äußert, ist aus den bis jetzt vorliegenden Versuchsergebnissen mit aller Bestimmtheit noch nicht zu entnehmen, jedoch muß man es nach allem, was wir bis jetzt darüber kennen, wenigstens als sehr wahrscheinlich hinstellen. Unger erkennt das Licht nur insofern als Factor an, als mit der Wirkung des Lichtes zugleich eine Temperaturerhöhung verbunden ist. Sachs, dessen Versuche für die Ansicht sprechen, daß das Licht mit zu den Factoren gehöre, die auf die Transpiration influiren, läßt die Frage doch unentschieden. C. Eder, dem wir sehr eingehende Arbeiten über die Transpiration verdanken, spricht bestimmt aus, daß das Licht als solches auf die Verdunstung einen Einfluß nicht ausübe. Kisler leitet aus seinen Versuchen dagegen den Schluß ab, daß das Licht an sich, unabhängig von der dasselbe begleitenden Wärme, die Verdunstung befördere und zwar haben nach ihm die gelben Strahlen die größte, die rothen und violetten die geringste Wirkung. Dehérain, der zu derselben Ansicht wie Kisler gelangt ist, hält die leuchtenden Strahlen für diejenigen, welche auf die Verdunstung am meisten influiren. Wiesner stimmt mit Kisler über den Einfluß des Lichtes auf die Transpiration überein und erklärt diesen dahin, daß er seinen Hauptgrund in der Absorption des Lichtes durch das Chlorophyll und in dem hierbei stattfindenden Umsatz von Licht in Wärme habe, wodurch die Spannkraft der in den Gasräumen der beleuchteten Pflanze enthaltenen Wasserdämpfe ge-

steigert, die relative Feuchtigkeit vermehrt und ein Austritt von Wasserdampf in die Luft hervorgerufen wird. Nach Wiesner sind es ferner nicht die leuchtenden, sondern die dem Bereiche der Absorptionsstreifen des Chlorophyllspectrum's angehörenden Lichtstrahlen.

Die Schwierigkeit für die Beantwortung dieser Frage liegt darin, daß die sämtlichen andern Factoren, welche eine Wirkung auf die Transpiration ausüben, sehr schwer vollständig eliminirt werden können. Bedenkt man aber noch, daß nach den Versuchen Unger's, H. v. Mohl's und Sachs's das Oeffnen der Spaltöffnungen, welche ja vorherrschend die Austrittsöffnungen für den Wasserdampf aus den Pflanzen sind, von dem Lichte abhängig ist, so muß doch wohl dem Lichte ein Einfluß auf die Verdunstung zugeschrieben werden. Wie groß derselbe, ist bis jetzt noch nicht anzugeben.

d. Die Tageszeit.

Nach den Versuchen Unger's besteht ferner noch eine periodisch wirkende, von Licht, Luftfeuchtigkeit und Temperatur unabhängige Ursache, durch welche die Transpiration einer Pflanze täglich steigt und fällt. Er sagt: „Die Transpiration geht nicht in gleichmäßiger Folge vor sich, sondern steigt und fällt trotz aller hemmenden und begünstigenden Nebeneinflüsse in den verschiedensten Stunden des Tages so, daß innerhalb 24 Stunden stets ein Maximum und ein Minimum eintritt.“

Von den hierfür von Unger gebrachten Beweisen, führe ich die folgenden auf, zu denen ich noch bemerke, daß bei denselben zugleich die Verschiedenheit der Transpiration zwischen der oberen und unteren Blattoberfläche mit verzeichnet ist. Die mit mehr Spaltöffnungen versehene untere Seite transpirirt mehr, als die an diesen ärmere, obere Seite des Blattes. (Tabelle pag. 233.)

e. Erschütterung der Pflanzen.

J. Baranetzky beobachtete bei seinen Versuchen über die Transpiration, daß Erschütterung der Pflanzen auf die Verdunstung derselben einen nicht zu unterschätzenden Einfluß ausübe. Dieser Einfluß äußert sich in der Art, daß unmittelbar nach stattgehabtem Stoß eine Steigerung der Transpiration eintritt, darauf eine Verminderung derselben folgt und bei mehrmals wiederholter Erschütterung die Verdunstung für einige Zeit vollständig aufhört.

„Die prall mit dem wässerigen Zelleninhalt gefüllten, mit elastischen Wänden versehenen Zellen des Blattparenchyms gerathen

Brassica rapa.

Blattseite.	Zeit des Versuches.	Dauer desselben.	Menge des von 5410,8 □ Mmtr. Fläche transpirirten Wassers in Grm.	Blattseite.	Zeit des Versuches.	Dauer desselben.	Menge des von 5410,8 □ Mmtr. Fläche transpirirten Wassers in Grm.
Unterseite	11. Sept.	10 ¹ / ₂ —12 ¹ / ₂	1,550	Oberseite	15. Sept.	9—11	0,550
		12 ¹ / ₂ —21 ¹ / ₂	0,600			11—1	0,600
		2 ¹ / ₂ —4 ¹ / ₂	0,500			1—3	0,800
		4 ¹ / ₂ —6 ¹ / ₂	0,000			3—5	0,500
		6 ¹ / ₂ —7 ¹ / ₂	0,000			5—7	0,200
		7 ¹ / ₂ —10 ¹ / ₂	0,000			7—9 ¹ / ₂	0,300
		10 ¹ / ₂ Abends bis 10 ¹ / ₂ Morgens	1,000			9 ¹ / ₂ Abends bis 9 ¹ / ₂ Morgens	0,000
			3,650				2,950
Unterseite	21. Sept.	9 ¹ / ₂ —10	1,150	Oberseite	21. Sept.	9—11	1,150
		10—11 ¹ / ₂	2,000			11—1	1,500
		11 ¹ / ₂ —12	1,000			1—3	1,000
		12—1	1,000			3—9	0,700
		1—2	1,500			9 Abends bis 9 Morgens	0,000
		2—9 ¹ / ₂	0,900				
		9 ¹ / ₂ Abends bis 9 ¹ / ₂ Morgens	0,000				
			7,550				4,350

bei einem Stoß auf die Pflanze in unregelmäßige, zitternde Bewegungen, wobei die Interzellulargänge stellenweise comprimirt werden und einen Theil der in ihnen enthaltenen, mit Wasserdampf geschwängerten Luft ausstoßen müssen. Im folgenden Augenblick aber muß die letztere durch frische atmosphärische Luft sofort ersetzt werden. Darum wird auf in der darauffolgenden Zeit, so lange die erneuerte Luft der Interzellularräume noch nicht wieder einen gewissen Grad der Sättigung mit Wasserdämpfen erreicht hat, die Transpiration beträchtlich herabgedrückt. Bei fast unaufhörlichen Stößen und Erschütterungen, welchen die Pflanzen und die besonders leicht beweglichen Pflanzenblätter von den Winden ausgesetzt sind, kann sich die Luft der Interzellularräume der Blätter beständig und vollkommen erneuern. Es ist dies vielleicht einer der nicht unwichtigsten Umstände, welche das immer so entschieden bessere Gedeihen der im Freien stehenden Pflanzen bedingen.“

η. Physikalische und Chemische Beschaffenheit des Bodens.

Daß der Wassergehalt des Bodens, in dem die Pflanzen wurzeln, auf die Transpirationsgröße derselben von Einfluß sein muß, bedarf wohl des Beweises nicht. Es kommt hierbei aber nicht allein auf den Wassergehalt im Boden an, sondern auch auf die Adhäsion des Wassers an den Boden, da ja die Kraft, mit welcher die verschiedenen Bodenarten das Wasser zurückhalten, eine verschiedene große ist und die Wurzeln der Pflanzen diese Kraft überwinden müssen. Es ist deshalb der Schluß, daß die Aufsaugung von Wasser durch die Wurzeln eine um so langsamere sein muß, je größer die wasserhaltende Kraft eines Bodens ist, ein sehr nahe liegender.

Zur Entscheidung dieser Frage verdanken wir J. Sachs einige Versuche mit Tabakspflanzen in Lehm- und Sandboden. Das Resultat war, daß die Pflanzen im Lehmboden mehr Wasser aufgenommen und somit auch abgegeben hatten, als im Sandboden.

So gaben die Pflanzen im Lehmboden bei einem Versuche (11 Tage) 190,7 Grm., bei einem zweiten (8 Tage) 108,7 Grm. Wasser ab; im Sandboden 175,9 Grm. (in 11 Tage) und 101,5 Grm. (in 8 Tage). An einzelnen Tagen, bemerkt Sachs, ist die Transpiration im Sandboden stärker, als die im Lehmboden; der Lehm macht den Gang der Verdunstung gleichmäßiger; der Sand leistet bei seiner geringen wasserhaltenden Kraft bei jeder Anregung zur Wasseraufnahme durch die Wurzel derselben Folge, während der Lehm dies wegen seiner größeren wasserhaltenden Kraft nicht thut. Da-

gegen findet die Pflanze im Lehmboden dann im höheren Grade eine Anregung durch letzteren, wenn diese von oben fehlt, dies erklärt sich dadurch, daß sich der Lehm viel dichter an die Wurzel anlegt, als der Sand, den Wurzeln werden daher weit mehr Berührungspunkte mit dem Wasser, als beim Sandboden geboten.

Außer den physikalischen Eigenschaften des Bodens influiren auch die chemischen desselben auf die Transpiration, wie dies durch folgende Versuche von Sachs dargethan worden ist.

Sachs untersuchte zunächst den Einfluß, welchen gewisse Salzlösungen auf die Transpiration äußern. Zu diesem Zwecke wurden jedes Mal 2 möglichst gleiche Pflanzen gewählt, welche sich entweder in Erde befanden, wo dann die eine mit reinem Wasser, die andere mit einer Salzauslösung und zwar einer Lösung von Salpeter, schwefelsaurem Ammoniak, Gyps oder Kochsalz begossen wurde, oder er änderte die Versuche in der Art ab, daß die Pflanzen mit ihren Wurzeln entweder in reinem Wasser oder der betreffenden Salzlösung standen.

Diese Versuche ergaben, daß die Verdunstung durch die Gegenwart der betreffenden Salzlösungen, von welchen sich vor Allem Gyps und Kochsalz in ihrer Wirkung auszeichneten, verzögert wurde, d. h. die Pflanzen, deren Standort mit reinem Wasser begossen oder reines Wasser war, transpirirten mehr in einer bestimmten Zeit und unter sonst gleichen Verhältnissen, als die mit den betreffenden Salzlösungen behandelten, wobei aber die Pflanzen in beiden Fällen gleich frisch und turgescent waren. Hieraus folgt, daß die mit reinem Wasser begossenen Pflanzen dem Boden in viel kürzerer Zeit das Wasser entziehen, als die mit Salzlösungen, daß also hier in weit kürzerer Zeit Wassermangel erfolgen muß: sobald dieser Zeitpunkt eintritt, beginnen natürlich die Pflanzen zu welken, während die andern noch immer so viel Wasser haben, als sie bedürfen und daher frisch bleiben. Die Salzlösung wirkt also als ein regulatorisches Princip, sie verlangsamert die Wasseraufnahme, erhält dadurch den Boden länger feucht und macht es so der Pflanze möglich, noch längere Zeit ihren Wasserbedarf zu decken.

Je stärker die Lösung ist, ohne daß sie selbst der Wurzel schadet, um so größer ist die Verzögerung der Verdunstung. Diese nimmt auch mit der Länge der Berührung der Wurzel zu, wodurch ja auch die Concentration erhöht wird.

Die Hauptzahlen der Versuche zeigt folgende Tabelle (pag. 236).

Die Versuche von Sachs sind voll durch die von A. Burgerstein bestätigt.

Das Wasser.

Pflanze	Zeit des Versuches.	Reines Wasser; hierbei verbunfen in Grm.	Salzlösung.	Verbunfete Wassermenge in Grm.	Zeit des Bodens.
Vicia faba (Eaubohne)	15.—21. Aug.	54,6	1 % Salpeterlösung	32,9	?
Cucurbita Pepo (Kürbis)	16.—26. "	171,6	" " Schwefelsäure	157,35	Humoser Sandboden
" "	16.—24. "	82,15	Ammoniac-Lösung	65,35	"
Stange Tabakspflanze	20.—31. "	339,1	1 % Salpeterlösung	267,3	Schwarzer Humus und grober Sand
" "	9.—11. Sept.	30,7	1/8 % Gypslösung	14,6	Reicher Sandhumus
Stange Maispflanze	19.—25. Aug.	18,15	0,33 % Schwefelsäure	7,0	Wasser
" "	19.—22. "	18,15	0,5 % "	6,5	"
Kürbis	4.—7. Sept.	17,5	0,5 % Kochsalzlösung	4,6	"

3. Verhältniß zwischen der Verdunstung einer Wasserfläche und einer gleich großen Blattoberfläche.

Ueber das Verhältniß der Verdunstungsgröße einer Wasserfläche und einer gleich großen Blattoberfläche liegen unter anderen Versuche von Unger vor.

Die von Unger erhaltenen Resultate sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Zeit der Beobachtung.	Ein Blatt von <i>Digitalis purpurea</i> , von 5000 □ Mm. Oberfläche, transpirirt in 24 Stunden in Grm.	Eine Wasser-oberfläche von 5000 □ Mm. verdunstet in 24 Stunden in Grm.	Der Wasser-verlust der Pflanze = 1 gesetzt, so hat eine gleich große Wasserfläche verdunstet.	Bewegung der Luft.
Vom 6.—7. Juli	3,232	4,532	140	
" 7.—8. "	2,080	3,084	148	
" 8.—9. "	3,389	8,459	249	
" 9.—10. "	2,438	5,199	213	
" 10.—11. "	1,798	2,467	137	
" 11.—12. "	2,813	5,904	209	
" 12.—13. "	2,075	6,168	297	
" 13.—14. "	2,680	4,758	177	
" 14.—15. "	2,726	5,728	210	
" 15.—16. "	2,729	8,107	355	
" 16.—17. "	1,673	3,524	210	
" 17.—18. "	1,496	4,846	323	
" 18.—19. "	0,948	2,467	260	
" 19.—20. "	1,751	3,348	191	
" 20.—21. "	1,782	7,578	425	Starker Wind

Hieraus ergibt sich für den halben Monat das Verhältniß zwischen dem von der Pflanze und dem einer gleich großen Wasseroberfläche verdunsteten Wasser = 1 : 2,36; die von Unger für den ganzen Monat fortgesetzte Beobachtung ergab im Mittel 1 : 3.

Da aber das Wasser nicht von der gemessenen Blattoberfläche, sondern von den Wandungen der Interzellularräume verdunstet und diese eine weit größere Oberfläche haben, so wird hierdurch das Verhältniß ein wesentlich anderes. Sachs nimmt an, daß die gesammte Fläche der Interzellularräume mindestens

10 mal so groß ist, als die der Cuticula desselben Blattes. Die so langsame Verdunstung erklärt sich nach Sachs zum Theil dadurch, „daß die Interzellularräume mit Wasserdampf fortwährend beinahe gesättigt sind, wie dies ohnehin zu erwarten ist, wahrscheinlich aber auch dadurch, daß die lebenden Zellen das Wasser festhalten und der Verdunstung desselben Hinderniß bereiten, da H. v. Mohl und Andere gezeigt haben, daß bei getödteten Blättern die Verdunstung des Zellwassers bedeutend schneller stattfindet als bei lebenden.“

F. Das durch das Regenwasser während der Vegetation zur Ackererde geführte Wasser deckt den Wasserbedarf der Pflanzen nicht.

§ 77.

a. Die Regenmenge.

Wir haben in den vorherigen Paragraphen die bedeutenden Wassermengen kennen gelernt, welche die Pflanzen durch die Transpiration an die Atmosphäre abgeben; es liegt daher die Frage nahe, ob der Regen, welcher in der Vegetationszeit der Pflanzen fällt, für diesen Bedarf ausreicht. Diese Frage ist schon, wie wir früher gesehen haben, von mehreren Beobachtern gestellt und verneinend beantwortet worden. Zur Beantwortung der Frage müssen wir uns zunächst mit der Regenmenge, welche in gewissen Zeiträumen auf eine bestimmte Fläche fällt, bekannt machen. Hierzu benutze ich einige von den Angaben, welche Dove über die in Preußen auf den einzelnen Stationen beobachteten Regenmengen veröffentlicht hat und anderseits eine Zusammenstellung von van Beber über die mittleren Regenmengen Deutschlands nach den Beobachtungen auf allen meteorischen Stationen des deutschen Reiches.

Die Angaben von Dove sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt; es sind Durchschnittszahlen von mehrjährigen (meist 5 Jahren) Beobachtungen; die Angaben für die Monate und die Jahreszeiten in Linien.

	Lebr.	Bonn.	Brier.	Brodten.	Erfurt.	Galle.	Breblau.	Spfen.	Berlin.	Stralsund.	Stettin.	Sanzig.	Rönigsberg.
Januar	31,90	20,34	30,14	32,72	8,63	11,19	9,04	16,84	16,21	17,57	12,53	8,62	18,20
Februar	35,42	18,25	17,83	65,23	15,47	18,05	9,04	18,16	23,49	11,59	17,46	14,27	26,02
März	21,03	19,28	15,79	46,97	16,84	13,82	8,06	13,02	16,24	13,39	12,61	12,02	17,39
April	29,60	22,43	33,52	37,67	31,55	20,50	12,35	15,83	24,54	20,79	21,00	22,03	13,52
Mai	31,27	26,63	31,24	34,00	27,98	29,24	14,54	14,55	22,57	14,84	18,10	20,46	16,20
Juni	28,44	26,89	26,74	36,89	26,24	39,46	35,02	32,82	38,98	27,03	24,63	26,31	32,38
Juli	30,40	30,59	37,02	60,39	26,76	21,09	22,44	22,78	20,98	21,15	21,03	21,29	26,07
August	37,92	38,88	33,44	44,86	24,90	15,48	16,41	21,39	21,89	24,42	26,68	38,97	40,34
September	24,34	23,80	20,03	76,22	21,77	28,03	13,49	24,81	17,74	25,08	18,57	36,12	33,56
October	37,52	27,39	27,16	56,93	25,32	11,45	18,74	20,74	21,66	26,09	20,51	16,39	32,02
November	27,17	21,19	19,74	45,54	15,61	17,16	11,70	21,63	22,31	19,98	19,69	18,40	27,49
December	27,76	20,63	15,60	43,92	8,22	8,89	6,41	9,82	16,61	19,60	12,66	9,8	23,59
Winter	95,08	59,22	63,57	141,87	32,32	38,12	24,48	44,81	56,31	48,76	42,66	32,76	67,81
Frühling	81,90	68,34	80,55	118,64	76,37	63,55	34,95	43,40	63,35	49,02	51,71	44,51	47,11
Sommer	96,75	96,36	47,19	142,14	77,90	76,04	73,88	77,90	81,85	72,61	72,34	86,56	98,79
Herbst	89,04	72,37	66,92	178,74	62,70	56,64	43,93	67,18	61,44	71,15	58,78	70,91	93,07
Jährliche Regenhöhe in Zollen	30,23	24,69	25,69	48,45	20,77	19,57	14,77	19,37	21,91	20,13	18,79	19,56	25,57

Die Zusammenstellung von van Beber, welche sich auf die Periode von 1848—1873 erstreckt, ist auf der folgenden Tabelle enthalten.

	Zahl der Sta- tionen.	Jährliche Regen- menge in Millim.	Regenmenge nach Procenten.			
			Win- ter.	Früh- ling.	Som- mer.	Herbst
Norddeutsches Tiefland.						
Schleswig-Holstein, Nordsee- küste	7	687	21	18	28	33
Schleswig-Holstein, Ostküste.	12	620	22	18	30	30
Mecklenburg	9	504	21	20	35	24
Pommern	6	572	19	21	35	25
Preußen, Westpreußen	3	510	17	20	38	25
" Ostpreußen	4	599	16	19	38	27
Hannover und Oldenburg *)	5	718	21	19	30	30
" " **)	7	662	20	21	34	24
Brandenburg	11	548	21	22	36	21
Posen	2	515	19	21	38	22
Schlesische Ebene	10	576	16	22	40	22
Westfalen	6	765	23	21	31	25
Niederrhein	6	693	24	22	29	25
Mitteldeutsches Bergland.						
Rheinisches Schiefergebirge	6	644	22	23	30	25
Hessen	8	628	21	22	33	24
Prov. Sachsen u. Thüringen	13	605	19	23	35	23
Harz	6	916	22	22	33	23
Königreich Sachsen	25	634	19	24	35	22
Schlesisches Gebirge	8	714	16	24	38	22
Süddeutsches Bergland.						
Rheinpfalz	4	613	21	23	30	26
Lothringen (Mos)	1	648	23	22	28	27
Elfaß, Vogesen	3	1360	28	24	24	24
" Rheinebene	5	668	20	24	31	25
Baden	12	918	17	25	30	28
Württemberg	24	718	18	24	34	24
Bayern	10	766	19	22	35	24

*) Norderney, Bever, Wilhelmshafen, Emden, Ottendorf.

***) Elsflath, Oldenburg, Vönnigen, Vingen, Bremen, Hannover, Lüneburg.

§ 78.

b. Wieviel von der durch den Regen zum Boden gelangenden Wassermenge verbleibt der Vegetation ?

Die durch den Regen, resp. Schnee zur Ackererde gelangende Wassermenge repräsentirt indeß durchaus nicht das Wasserquantum, welches den Pflanzen zu Gebote steht, sondern diese erhalten hiervon stets nur einen Theil, welcher den Verhältnissen nach ein verschiedener ist.

Ein Theil des gefallenen Regens sickert durch den Boden durch und geht so ganz oder wenigstens theilweise verloren. Ueber die Menge des auf diesem Wege verschwundenen Wassers liegen eine Anzahl von Beobachtungen vor, von denen wir im Folgenden einige anführen.

Diese Versuche sind, wie vorher bemerkt werden mag, in der Regel in der Art angestellt, daß Gefäße aus Blech u. s. w. mit doppeltem Boden, von denen der obere durchlöchert und der untere sich nach unten verengte und entweder mit seitlich angebrachtem Rohre oder einem seitlich angebrachten Sammelgefäß in Verbindung stand, in die Erde eingelassen und bis zum Rande mit der betreffenden Erde gefüllt wurden. Die Erde blieb während des Versuches entweder ohne Vegetation oder trug eine solche.

P f a f f, welcher in der oben angeführten Art seine Versuche mit Büchsen anstellte, welche $\frac{1}{2}$ ' im Durchmesser hatten und mit einem schlechten Sandboden gefüllt waren, erhielt die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate. Wir führen hier die erhaltenen Mittelzahlen in Millimetern an, und bemerken noch, daß auf dem Boden während des Versuches keine Vegetation war. Tabelle pag. 242.

L a w e s und G i l b e r t, welche fanden, daß auf diesem Wege schwierig ein Boden in seiner natürlichen Consolidation hergestellt werden könnte und doch hierauf bei der Beantwortung der Frage sehr viel ankommt, ließen den Boden bis zu der Tiefe, in welcher die Beobachtung stattfinden sollte, in seiner natürlichen Lage, brachten hier eiserne durchlöchernte Platten an, untermauerten diese mit Ziegelsteinen und Cement und schafften so den erforderlichen Raum zur Anbringung der Gefäße, welche das Auffangen des durchsickernden Wassers zu besorgen hatten.

Satzzeit.	Regen= menge.	Verdun= fung.	Abgetropft in Stüchse:				
			I. 1/2 tief.	II. 1' tief.	III. 2' tief.	IV. 4' tief.	
Sommerhalbjahr 21. April — 21. Oktober	260,04	433,01	19,88 = 7,6 0/0	23,66 = 9 0/0	85,5 = 32,8 0/0	43,3 = 18,6 0/0	bes. gefallen Regens.
Winterhalbjahr 21. October — 21. April	431,65	115,39	326,35 = 75,72 0/0	331,1 = 76,82 0/0	335,4 = 77,81 0/0	(202,8*) = (47,6 0/0)	do.
Summa:	691,69	548,40	346,53 = 50,07 0/0	354,76 = 51,26 0/0	420,9 = 60,81 0/0	(261,1) = (36,2 0/0)	do.

Die folgende Tabelle enthält die von Lames und Gilbert, sowie von einigen anderen Experimentatoren erhaltenen Resultate; die Tabelle ist von Lames und Gilbert zusammengestellt.

*) Die eingeklammerten Zahlen sind nach dem Verhalten in den Monaten October, November und December berechnet.

Einfäckerung und Verdunstung; Auszug der Resultate vieler Beobachter.

Autoren.	Bedingungen der Experimente u. s. w.	Zeitdauer und Datum.	Einfäckerung.	Verdunstung.
Dr. Dalton	Cylinder 10 Zoll Durchmesser, 3 Fuß tief, an der Spitze offen, am Boden geschlossen, mit Erde gefüllt und in die Erde, mit der Oberfläche abschneidend, eingefenkt, eine Seite für den Zugang zu den Flaschen offen gelassen, nach dem ersten Jahre die Erdoberfläche mit Rasen bedeckt.	3. 1796—1798	25,0	75,0
Mr. Dicksonson.	Cylinder 12 Zoll Durchmesser, 3 Fuß tief, durchlöcherter Boden mit Verhältnis zum Sammeln des durchgegangenen Wassers, die Oberfläche des Bodens im Cylinder (sandiger Lehmboden) mit Gras bewachsen; die Abgabe über die Verdunstung schließt die Wasserabgabe mit ein, welche durch die Vegetation bedingt ist. Durchschnittlicher Regen während der 8 Jahre = 26,61 Zoll	8. 1836—1843	42,5	57,5
Mr. Maurice	Cylindersförmiges eisernes Gefäß mit Erde. Durchschnittlicher Regenfall jährlich ca. 26 Zoll	2. 1796—1797	39,0	61,0
Mr. Gasparin	Die Experimente denen des Mr. Maurice etwas gleich. Durchschnittlicher jährlicher Regen 28 Zoll	2. 1821—1822	20,0	80,0

Einsickerung und Verdunstung; Auszug der Resultate vieler Beobachter.

Autoren.	Bedingungen der Experimente u. s. w.	Zeitdauer und Datum.	Einsickerung.	Verdunstung.
Mr. Riser.	Drains, 1,2 Meter tief, (ca. 4 Fuß), bindiger und un- durchlassender Untergrund; das Land während des Versuches, wie dies gebräuchlich, gemäht; durchschnittlicher jährlicher Regenfall 41 Zoll. Die Abgabe über die Verdunstung schließt die Wasserabgabe mit ein, welche durch die Vegetation be- dingt ist.	Sahre: 2. 1867—1868	30,0	70,0
Mr. Greaves	Schieferer Kasten; Oberfläche 1 □ Yard, 1 Yard tief; Boden: Lockere Erde aus Lehm, Kies und Sand gemischt; eingestampft, und mit Rasen belegt. Durchschnittlicher Regen 25,8 Zoll Mehnllicher Kasten; mit Sand, durchschnittlicher Regenfall 25,7 Zoll	22. 1852—1873 14. 1860—1873	26,6 83,2	73,4 16,8
Lawes und Gilbert	Oberfläche: Ein Tausendstel eines Acres; Boden mehr schwerer Lehm mitthon-Untergrund; unterbaut im natürlichen Zustande mit Ziegelsteinen und Cement (Mergel unten). Durchschnittlicher Regenfall 28 Zoll do. do. do. 40 Zoll tief do. do. do. 60 " "	5. Sept. 1870 — Aug. 1873 5. Sept. 1870 — Aug. 1873 5. Sept. 1870 — Aug. 1873	36,8 36,0 28,6	63,2 64,0 71,4

Ferner liegt noch eine sehr interessante Arbeit von Ebermayer vor, welcher auf 4 meteorologischen Stationen Bayerns in den Boden Blechcylinder mit doppeltem Boden einsenkte, von denen der obere ein Sieb und der untere etwas trichterförmig mit einem Abzugsrohr versehen ist, welches das durchsickernde Wasser in ein seitwärts angebrachtes Sammelgefäß leitet. Die verwendeten Gefäße hatten 1 □ Fuß Oberfläche und waren 1, 2 und 4 Fuß tief.

Die folgende Tabelle (p. 246 und 247) zeigt die kurz zusammengestellten Resultate.

Diese Zahlen beweisen hinreichend, daß die durch die Ackererde hindurchsickernde Wassermenge eine sehr bedeutende ist — nach den Versuchen von Lawes und Gilbert beträgt die durch 4' durchsickernde Wassermenge 28,6 des überhaupt gefallenen Regens — und je nach der Bodenbeschaffenheit und der Jahreszeit sehr variirt.

Durch eine Bodenschicht von 4 geht bei leichtem Boden am meisten und bei schwerem Boden am wenigsten; im Winter absorbiert der Boden weit mehr Wasser als im Sommer und läßt auch am meisten in die tiefen Schichten dringen

Die Differenz zwischen dem durch den Boden durchsickernden und dem zum Boden durch den Regen geführten Wasser repräsentirt aber noch lange nicht das Wasser, welches den Pflanzen zur Verfügung steht, sondern von diesem Wasser fließt noch ein Theil als solches von der Ackerkrume ab; die Menge desselben hängt von der Stärke des Regens, von der Lage des Feldes und von der physikalischen Beschaffenheit des Bodens ab. Dieser Verlust läßt sich in bestimmten Zahlen leider nicht angeben.

Schließlich verdunstet noch ein Theil des gefallenen Regens. Die hierdurch der Ackerkrume und so den Pflanzen verlorengehende Wassermenge hängt von der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens und der Bedeckung ab, je vollständiger diese, um so geringer ist die Menge des verdunsteten Wassers.

Einige Zahlenangaben über den durch die Verdunstung herbeigeführten Wasserverlust verdanken wir Ebermayer. Die von Ebermayer benutzten Evaporations-Apparate waren so eingerichtet, daß der Boden von unten her stets für das verdunstete Wasser durch Capillarität Zufluß von Wasser erhielt, so daß der Boden in einem capillarisch gesättigten Zustande der Verdunstung ausgesetzt blieb. Die Oberfläche des Gefäßes war 1 □ P. F. Die Versuche dauerten während 2 Jahre (1869—1870) vom April bis Ende October. Tabellen pag. 248 und 249.

Procent-Verhältniß der durch den Boden gefällerten Wassermenge zur Regen- und Schneemenge in den einzelnen Jahreszeiten. Von der gefallenen Regenmenge (incl. Schnee) fielen durch den Boden nachstehende Wassermengen in Procenten ausgedrückt.

	Frühling.						Sommer.						Herbst.								
	Freies Feld.			Waldb.			Freies Feld.			Waldb.			Freies Feld.			Waldb.					
	1	2	4	1	1	2	4	1	2	4	1	1	2	4	1	2	4				
Stationen.	Fuß Tiefe.			Fuß Tiefe.			Fuß Tiefe.			Fuß Tiefe.			Fuß Tiefe.			Fuß Tiefe.					
	Ohne Streu.			Mit Streu.			Ohne Streu.			Mit Streu.			Ohne Streu.			Mit Streu.					
Seeshaupt, Kalkgerölle mit Lehm	55	39	32	111	114	101	81	48	25	6	83	105	48	31	43	44	25	54	79	51	48
Bohrbrunn, Lehm Boden aus Buntsandstein	76	71	65	82	91	97	94	20	24	23	57	82	71	55	75	74	73	85	84	85	90
Sohnneskreuz, feinf. Sandboden aus Buntsandstein	38	52	87	17	38	49	—	9	6	9	26	48	112	—	62	30	66	58	36	100	—
Altensfurth, Keuper Sand	51	63	74	71	82	78	75	1	3	5	42	52	29	22	35	56	32	43	41	38	23
Mittel	55	56	64	70	81	81	83	19	14	11	52	72	75	36	54	51	49	60	60	68	54

Procent-Verhältniß der durch den Boden gefickerten Wassermenge zur Regen- und Schneemenge in den einzelnen Jahreszeiten. Von der gefallen Regenmenge (incl. Schnee) sickerten durch den Boden nachstehende Wassermengen in Procenten ausgedrückt.

Stationen.	Winter.				Jahres-Mittel.									
	Freies Feld.		Walb.		Freies Feld.		Walb.							
	1	2	4	1	1	2	4	1	2	4				
	Fuß Tiefe.				Fuß Tiefe.									
	Ohne Streu.		Mit Streu.		Ohne Streu.		Mit Streu.		Ohne Streu.		Mit Streu.			
Seeshaupt, Kalkgerölle mit Lehm	79	94	80	93	117	61	52	54	44	29	87	104	66	52
Nohrbrunn, Lehmboden aus Buntfandstein	97	95	94	85	92	85	52	67	67	65	77	87	85	72
Sohannestreu, feink. Sandboden aus Buntfandstein	90	44	90	67	31	83	1	51	32	63	42	38	87	—
Altenfurch, Keuperfand	111*	123*	133*	119	137	159	149	45	57	55	62	69	69	56
Mittel	94	89	99	91	94	97	63	54	50	53	67	74	77	60

* Schneedruck im November.

Die erhaltenen Resultate zeigt die folgende Tabelle:

Von einer 1 □ F. par. großen Hobenfäche verdunsteten folgende Wassermengen in par. Cubifgoll.

Jahr = g a n g.	April.		Mai.		Juni.		Juli.					
	Im Freien.	Im Balb ohne mit Streu.	Im Freien.	Im Balb ohne mit Streu.	Im Freien.	Im Balb ohne mit Streu.	Im Freien.	Im Balb ohne mit Streu.				
1869	399,00	200,50	78,00	438,15	164,86	72,32	319,96	101,00	37,48	406,77	151,00	54,85
1870	372,75	225,94	102,25	438,80	186,30	76,50	410,70	159,50	61,70	394,25	150,75	55,25

Von einer 1 □ F. par. großen Hobenfäche verdunsteten folgende Wassermengen in par. Cubifgoll.

Jahr = g a n g.	August.		September.		October.				
	Im Freien.	Im Balb ohne mit Streu.	Im Freien.	Im Balb ohne mit Streu.	Im Freien.	Im Balb ohne mit Streu.			
1869	309,42	108,14	32,52	322,30	119,58	38,54	193,77	50,02	25,00
1870	208,44	60,25	28,92	328,67	66,25	28,75	—	—	—

Die auf der folgenden Tabelle befindlichen Zahlen sollen dazu dienen, die Verschiedenheit in der Größe der Verdunstung nach der Bodenbeschaffenheit darzuthun.

Verdunstungsgröße des Bodenwassers pro 1 □ F. Par. in Kubitzoll p.

Stationen und deren Bodenbeschaffenheit.	1870 Juli.			1870 August.		
	Im Freien.	Im Schatten ohne Streu.	Im Schatten mit Streu.	Im Freien.	Im Schatten ohne Streu.	Im Schatten mit Streu.
	191,00	135,00	40,00	101,00	50,00	20,00
	—	—	—	—	—	—
	589,00	116,00	50,00	296,00	50,00	30,75
	—	—	—	—	—	—
	420,00	177,00	50,25	252,00	73,00	—
	377,00	175,00	81,00	184,75	68,00	36,00
	394,25	150,75	55,25	208,44	60,25	28,92
Mittel						

Meereshöhe
 2776' p.
 1830 "
 1467 "
 1467 "
 1172 "
 1000 "

Dusfchberg, Lehm aus Granit
 Seeshaupt, Kalkgerölle mit Lehm
 Mohrbrunn, Lehmboden aus Buntfand-
 fein
 Johanneskreuz, feint. Sand aus Bunt-
 sandstein
 Erbach, Lehm, Keuper
 Altenfurth, Keuperfand

Fassen wir alle die Momente, welche Verluste an dem durch den Regen zum Boden geführten Wasser für die Vegetation herbeiführen, zusammen, so sehen wir, daß diese Verluste sehr bedeutend sind und sicherlich nicht die Hälfte des gefallenen Regenwassers den Pflanzen zu Gebote steht.

§ 79.

c. Bedarf der Pflanzen an Wasser.

Unsere Betrachtungen auf pag. 220 und folgende haben uns zwar eine Anzahl von Versuchen über die Transpiration der Pflanzen kennen gelernt, leider haben uns dieselben aber trotzdem zu dem Schlusse gelangen lassen, daß, so interessant und sorgfältig auch viele dieser Arbeiten sind, wir doch durch dieselben bis jetzt noch nicht zu solchen brauchbaren Mittelzahlen gelangt sind, welche uns angeben, die oder die Pflanzenart transpirirt pro □ Meter, resp. pro Hectar während ihrer Vegetation so und so viel Kilo Wasser. Wir können aus diesem Grunde auch eine genaue Rechnung nicht machen, halten uns aber nach allem, was bis jetzt über die so wichtige uns hier vorliegende Frage vorliegt, trotz mehrerer gegentheiligen Ansichten, zu dem Ausspruche berechtigt, daß der während der Vegetationszeit der Pflanzen fallende Regen, den Wasserbedarf der Pflanzen nicht zu decken im Stande ist.

§ 80.

G. Andere Quellen für den Wasserbedarf der Pflanzen.

Ist der im vorigen Paragraphen gezogene Schluß richtig, so müssen den Pflanzen noch andere Quellen für ihren Wasserbedarf zu Gebote stehen. Welche sind diese?

1. Die atmosphärischen Niederschläge des Herbstes und Winters.

Die atmosphärischen Niederschläge des Herbstes und Winters kommen den Pflanzen, wenn sie auch zu einer Zeit fallen, in welcher die meisten unserer Culturpflanzen nicht direct von denselben Nutzen ziehen können, doch zum Theil zu Gute. Das im Herbst und Winter zur Erde gelangende Wasser ist für die Gewächse von sehr großer Bedeutung. Ist die Menge desselben auch in der Regel geringer als die des Frühjahres und Sommers, so verdunstet in den genannten Jahreszeiten wesentlich weniger, als in jenen, so daß der Boden sich um so vollständiger mit

Wasser zu sättigen im Stande ist. Aus dem Grunde ist ja auch eine ordentliche Winterfeuchtigkeit der sehnstüchtigste Wunsch des Landwirthes. Daß im Boden und zwar in seinen tieferen Schichten befindliche Wasser steigt in Folge der kapillaren Wasserleitung von unten nach oben und führt so den Pflanzen das ihnen so nothwendige Wasser zu.

Das kapillare Wasserleitungsvermögen des Bodens zeigt unter anderen ein Versuch von v. Liebenberg sehr hübsch. v. Liebenberg füllte 4 Röhren mit Erde, stellte diese in Wasser und untersuchte dann nach $1\frac{1}{2}$ Stunden, nach einem Tage, einer Woche und 5 Wochen dieselben auf die Vertheilung der Feuchtigkeit. Die gewonnenen Resultate zeigt die folgende Tabelle:

Höhe der Entnahme.	Vertheilung der Feuchtigkeit in Gewichts-Procenten nach			
	$1\frac{1}{2}$ Std.	1 Tag.	1 Woche.	5 Wochen.
78	—	—	—	6,23
75	—	—	—	7,72
70	—	—	—	8,44
66	—	—	1,42	—
65	—	—	—	9,61
64	—	—	7,85	—
60	—	—	9,55	10,59
55	—	—	10,27	11,17
50	—	6,94	10,94	11,75
45	—	8,23	11,73	12,77
40	—	12,99	13,16	14,05
35	—	15,62	14,83	15,23
30	—	16,60	17,01	19,52
25	17,39	19,39	17,48	19,45
20	18,68	18,73	20,06	20,69
15	17,67	18,90	20,05	20,43
10	18,75	19,34	20,59	18,88
5	18,82	18,90	20,64	22,21
1	20,21	18,47	20,70	20,01

Das Wasser steigt in solchen Röhren aber nicht nur in die Höhe, wenn sie im Wasser stehen, oder von unten her Wasser zugeführt erhalten, sondern auch dann, wenn diese Quelle ihnen, nachdem sie aus derselben eine gewisse Wassermenge aufgenommen haben, entzogen wird, wie dies von Neßler gezeigt worden ist.

Neßler, welchem wir über das Verhalten des Wassers zum Boden höchst interessante Arbeiten verdanken, nahm nämlich mit Boden gefüllte Glasröhren, nachdem sie eine Zeitlang in Wasser gestanden hatten, aus demselben und beobachtete, daß das Wasser in denselben erheblich zu steigen im Stande war.

Von den 2 zu den Versuchen benutzten Röhren war eine mit lockerer, die andere mit fest eingedrückter lufttrockener Erde gefüllt. Die folgende Tabelle zeigt die erhaltenen Resultate:

Aufsteigen des Wassers in Zollen:		dichte Erde.	lockere Erde.
In 3 Tagen, die Röhren in Wasser stehend		11"	7,8"
In 24 Stunden, die Röhren außer Wasser stehend		0,65"	0,58"
In 24 Stunden, die Röhren außer Wasser stehend		0,65"	0,54"
In 24 Stunden, die Röhren außer Wasser stehend		0,54"	0,39"
In 24 Tagen, die Röhren außer Wasser stehend		5,50"	2,80"

Höchst interessant ist das verschiedene Verhalten der lockeren und fest in die Röhren eingebrachten Erde.

Diese Versuche zeigen sehr schön, wie bedeutend die Wasserleitung des Bodens von unten nach oben und somit wie hoch wichtig dieselbe für die Pflanzen ist.

2. Der Thau.

Nach Versuchen von Neßler betrug die Wassermenge, welche durch den Thau dem Boden zugeführt wird, in 5 Nächten auf den Morgen berechnet bei dichter Erde 4730 und bei lockerer Erde 5014 Pfd.

Aber der Thau führt nicht nur dem Boden und so indirect den Pflanzen Wasser zu, sondern der Thau ist auch, wie wir § 75 gesehen haben, direct eine Wasserquelle für die Pflanzen.

3. Das Condensationsvermögen des Bodens für Wassergas.

Der Boden besitzt die Eigenschaft, Wassergas zu absorbiren; da nun die atmosphärische Luft stets dunstförmiges Wasser enthält, so wird dem Boden mittelst dieser Eigenschaft auch stets Wasser zugeführt.

Bevor wir hier die Frage ventiliren, ob die Pflanzen durch diese Boden-Eigenschaft ebenfalls Wasser erhalten können, mag das Condensationsvermögen des Bodens für Wassergas erst durch Aufführung einiger Versuchs-Resultate dargethan werden.

Nach Schüller nehmen 100 Gewichtstheile der folgenden Erden aus einer bei 15—18° C. gesättigten Atmosphäre die folgenden Gewichtsmengen Wasser auf:

	In 12	— 24	— 48	— 72 Stunden.
Quarzsand	0,0	0,0	0,0	0,0
Kalksand	0,3	0,3	0,3	0,3
Magerer Thon	2,1	2,6	2,8	2,8
Fetter Thon	2,5	3,0	3,4	3,5
Thonboden	3,0	3,6	4,0	4,1
Keiner Thon	3,7	4,1	4,8	4,9
Humus .	8,0	9,5	11,0	12,0
Gartenerde	3,5	4,5	5,0	5,2
Ackererde von Hoffwyl	1,6	2,3	2,3	2,3
„ vom Jura	1,4	1,9	2,0	2,0

Trommer hat die Menge von Wasser, welche von vorher bei 100° C. getrockneten Erden in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre aufgenommen wird, wie folgt, gefunden:

	In 12	— 24	— 48	— 72 Stunden.
Strenger Thonboden (Weizenboden)	3,5	4,0	4,4	5,5
Ein anderer Weizenboden	3,0	4,1	4,8	5,0
Humusäuren	7,5	9,0	10,8	12,8
Weißer Thon	4,0	4,6	5,0	5,5

Rnop, dem wir eine sehr ausführliche Arbeit über das Condensationsvermögen verdanken, brachte bei seinen Versuchen die betreffenden Erden nicht in eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre, sondern setzte dieselben der atmosphärischen Luft aus, in der sie sich, in Kästen von Weißblech befindlich, freihängend, befanden; er bestimmte zugleich noch die Temperatur und den Wassergehalt der Luft.

Rnop folgert aus seinen Versuchen:

1) Das Condensationsvermögen der Ackererden ist verschieden und macht einen wohl zu beachtenden Factor der Fruchtbarkeit aus.

2) Die Wassermengen, welche bei verschiedener Temperatur condensirt werden, sind unabhängig von dem Sättigungsgrade der Luft mit Wasserdampf, der sogenannten relativen Feuchtigkeit, überhaupt von der psychrometrischen Differenz.

3) Die condensirte Wassermenge hängt nur von dem der Substanz eigenthümlichen Condensationsvermögen und den Quadraten der Temperatur-Abnahme ab.

4) Durch die Condensation des Wasserdampfes wird dem Boden eine viel größere Menge von Wasser, sowie Kohlensäure, Ammoniak und Salpetersäure zugeführt, als durch den Regen.

Von den von Rnop erhaltenen Resultaten führe ich hier die folgenden Mittelzahlen aus einer Reihe von Versuchen an:

	Condensation für 1 Million Kilo- gramme der be- treffenden Erden.	Condensation für 1 Kilogr. der betreffenden Erden.
Natürliche Ackererde von Möckern	50	0,050
Dieselbe ohne Kies und Grobsand	67	0,067
Russische Schwarzerde	132	0,132

Interessant ist das bedeutende Condensationsvermögen der wegen ihrer Fruchtbarkeit berühmten russischen Schwarzerde gegenüber der Erde von Mäckern.

Obige Zahlen beweisen, daß die Ackererde ein Condensationsvermögen für Wassergas besitzt. Es liegt daher der Schluß, daß diese Bodeneigenschaft auch den Pflanzen nutzbringend sein müßte, sehr nahe, da wir in der Natur nicht das geringste ohne Zweck finden. Versuchs-Resultate indeß, die jetzt vorliegen, scheinen dem Condensationsvermögen der Bodenarten jeden Nutzen für das Pflanzenleben entschieden absprechen zu wollen.

H. Heinrich, A. Mayer und v. Liebenberg bestimmten einerseits das Condensationsvermögen von Bodenarten oder anderen Materialien, andererseits das Vermögen der Pflanzenwurzeln, bis zu welchem Grade dieselben im Stande sind, sich das im Boden befindliche Wasser anzueignen.

Zur Bestimmung der Hygroscopicität der Bodenarten breitete Heinrich gewisse Zeit, bisweilen wochenlang eine geringe Menge der Erde auf ein Uhrgläschen aus, brachte dieses in eine mit Feuchtigkeit gesättigte Atmosphäre und stellte durch Wägung von Zeit zu Zeit die Zunahme fest. Zur Feststellung des Vermögens der Pflanzenwurzel, dem Boden Wasser zu entziehen, ließ er in möglichst kleinen mit dem betreffenden Boden gefüllten Kästen Pflanzen von Mais, resp. Hafer bis zu einer gewissen Entwicklung wachsen und dann dieselben unter Verhältnissen, unter welchen sie möglichst wenig transpirirten, langsam bis zum beginnenden Welken gelangen. Sobald Letzteres eingetreten war, wurde der Wassergehalt der Böden bestimmt.

Die erhaltenen Resultate zeigt die folgende Tabelle:

Bodenarten.	100 Theile trockener Boden abforbirten höchstens Theile :	Die Pflanzen welkten als 100 Theile trockner Boden an Feuchtigkeit noch enthielten. Theile :
I. Grobkörniger Sandboden	1,15	1,5
II. Sandige Gartenerde	3,00	4,6
III. Feinkörniger humoser Sandboden	3,98	6,2
IV. Sandiger Lehm	5,74	7,8
V. Kalkboden	5,2	9,8
VI. Torfboden	42,3	49,7

Ähnliche Versuche stellten A. Mayer und v. Liebenberg mit folgenden Ergebnissen an.

U. Mayer operirte mit Erbsenpflanzen und erhielt hier:

	Das Condensations- vermögen des trocke- nen Bodens.	Feuchtigkeit, bei wel- cher die Pflanzen welkten.
Sand .	0,3 %	1,3 %
Sägespähne	16,3 "	33,3 "
Mergel	1,9 "	4,7 "

v. Liebenberg wendete als Versuchspflanze die Bohne an und gelangte zu den folgenden Resultaten:

	Condensationsver- mögen des Bodens bei 12° R. Vol. Proc.	Feuchtigkeit des Bo- dens beim Welken der Pflanzen. Vol. Proc.
Mergel	3,389	6,91
Lehm .	7,458	10,02
Granitboden	3,432	10,32
Sandmoorboden	6,175	12,49
Muschelkalkboden	5,886	9,15
Grob. Diluvial-Sand	0,461	1,20
Mittelf. Tertiär-Sand	0,185	0,51

Diese Versuch=Resultate ergeben, daß die Pflanze direct von dem Condensations=Vermögen des Bodens keinen Nutzen hat. Sollte aber diese Bodeneigenschaft der Pflanze doch nicht indirect vortheilhaft sein? Die Wurzeln der Pflanzen, welche sich nicht in der obersten Bodenschicht, sondern mehr oder weniger tiefer befinden, vertrocknen bereits, wie die Versuche darthun, bei einem Wassergehalte des Bodens, der wesentlich höher ist, als der, welchen die genannte Eigenschaft des Bodens demselben zu schaffen vermag. Die Wasserverdunstung des Bodens geht aber, wie Neßler bestimmt nachgewiesen, von der Oberfläche aus, und diese erhält das Wasser, sobald nicht Niederschläge auf dieselbe gelangen, aus der unteren Bodenschicht. Je schneller nun die obere Bodenschicht austrocknet, um so mehr Wasser wird von unten nachsteigen und um so eher müssen die unteren Schichten so weit trocken geworden sein, daß sie an die Wurzel kein Wasser mehr abgeben können. Wird aber der Wasserverlust der obersten Bodenschicht zum Theil durch Wassergasaufnahme aus der atmosphärischen Luft gedeckt, so muß nothwendiger Weise der Wasservorrath der unteren Schicht für die Pflanze länger vorhalten. Aus diesem Grunde wird auch das Condensations=Vermögen der Bodenarten den Pflanzen indirect Nutzen bringen.

Kurze Wiederholung.

§ 81.

A. Eigenschaften des Wassers.

1. Das Wasser besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff, vermag sich mit Basen und Säuren (Hydrate) und Salzen chemisch zu verbinden und kann durch viele Körper zerlegt werden.

2. Das Wasser verdampft bei jedem Temperaturgrade; die Schnelligkeit der Verdampfung hängt bei gleicher Wassermenge und gleicher Temperatur von der Bewegung der Luft über der betreffenden Wasserfläche und von der Größe der Oberfläche derselben ab.

3. Das Wasser ist ein Auflösungsmittel für viele feste, flüssige und gasförmige Körper.

4. Das Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus.

5. Das Eis (Schnee) ist ein schlechter Wärmeleiter.

6. Das Wasser gebraucht von allen festen und flüssigen Körpern die größte Menge von Wärme, um von einem Temperaturgrade auf einen andern erwärmt zu werden.

B. Vorkommen des Wassers.

1. Das Wasser ist der verbreitetste Körper der Erde.

2. Das in der Natur vorkommende Wasser ist nicht chemisch reines Wasser, sondern es enthält theils gelöste, theils suspendirte Stoffe.

3. Im Meerwasser beträgt die Menge der festen Bestandtheile 1,4—3,8 ‰: der vorwiegendste Bestandtheil ist das Kochsalz; dem der Menge nach Chlormagnesium, Gyps, schwefelsaures Kali, schwefelsaure Magnesia u. s. w. folgen.

4. Das Fluß-, Quell- und Brunnenwasser zeichnet sich vor allem durch seinen Gehalt an Kaltsalzen (kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk) aus, an welche sich in Betreff der Menge Natron-, Kali- und Magnesiumsalze anschließen.

5. Bei der Verdunstung des Wassers wird flüssiges Wasser und mit diesem die darin gelöst und suspendirt enthaltenen Stoffe in die Atmosphäre gerissen; deshalb kommen die in den Gewässern vorkommenden Stoffe auch den Landpflanzen zu Gute.

6. Aus dem unter 5 angeführten Grunde finden wir in

den meteorischen Wässern all die Stoffe, welche durch die Winde von dem Meer, den Flüssen u. s. w. emporgerissen und fortgeführt werden; außerdem Ammoniak- und salpetersaure Salze.

C. Bedeutung des Wassers für die Pflanzenwelt.

1. Das Wasser ist für die Pflanzen von ganz außerordentlicher Wichtigkeit, ohne dasselbe ist kein vegetabilisches Leben denkbar.

2. Die in den Pflanzen enthaltene Wassermenge ist eine ganz bedeutende; bei allen in voller Entwicklung stehenden Pflanzen kommen auf einen Theil Trockensubstanz 4—9 Theile Wasser.

D. Aufnahme des Wassers durch die Pflanze.

Das Wasser wird von der Pflanze sowohl durch die Wurzel, als auch durch die Blätter aufgenommen; das Hauptorgan der Aufnahme sind aber die Wurzeln; die Form, in welcher die Blätter das Wasser aufnehmen, ist noch nicht voll entschieden, höchst wahrscheinlich ist indeß, daß sie nur tropfbar flüssiges Wasser aufzunehmen im Stande sind.

E. Die Verdunstung des Wassers (Transpiration) durch die Pflanzen.

1. Alle Pflanzen hauchen von der Oberfläche der Blätter Wasser aus.

2. Das Ausdünstungsvermögen der Pflanzen ist ein verschiedenes und zwar vor Allem von der Organisation des Blattes abhängig.

3. Die Organe der Ausdünstung sind die Spaltöffnungen der Blätter.

4. Die von der Pflanze transpirirte Wassermenge ist eine sehr bedeutende.

5. Bei derselben Pflanze hängt die Transpiration ab:

a. Von der Luftfeuchtigkeit.

b. Von der Temperatur.

c. Von der Feuchtigkeit des Bodens.

d. Von Erschütterungen der Pflanze (durch Winde).

e. Von der Leichtigkeit, mit welcher sich die Pflanze des Wassers bemächtigen kann. — Physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens. —

6 Unter gleichen Verhältnissen wächst und fällt die Transpiration nicht in demselben Maße, als die Verdunstung ab- und zunimmt.

7. Die Transpiration der Pflanzen geht nicht in gleichmäßiger Folge vor sich, sondern steigt und fällt trotz aller hemmenden und begünstigenden Nebeneinflüsse in den verschiedenen Stunden des Tages, so daß innerhalb 24 Stunden stets ein Minimum und ein Maximum eintritt; dasselbe gilt von den Monaten.

8. Das Maximum fällt auf die Zeit von 12—2 Uhr; der Eintritt des Minimums erfolgt zur Nachtzeit. — Im Herbst und Frühling ist das Maximum wahrscheinlich früher als im Sommer.

9. Die Zunahme der Transpiration erfolgt, soweit aus den bisherigen Erfahrungen geschlossen werden kann, wahrscheinlich allmählicher, als die Abnahme.

10. Auch während der Nacht findet unter den ungünstigsten Verhältnissen stets eine geringe Verdunstung statt. Dieselbe ist aber im Verhältniß zu der während des Tages nur eine sehr geringe.

11. Die Verdunstung von einer Wasserfläche ist unter allen Umständen größer, als die einer gleich großen Blattfläche. Das Wasser verdunstet aber nicht von der gemessenen Blattoberfläche, sondern von den Wandungen der Interzellularräume, deren Oberfläche eine weit größere als die äußere Blattfläche ist; mithin ist die Verdunstung eine noch weit geringere, und zwar kann man wohl annehmen, eine noch 10mal geringere als die zwischen Blattoberfläche und gleicher Wasseroberfläche gefundene.

12. Die Gründe für die geringere Verdunstung durch die Blätter sind die größere Vertheilung des Wassers in der verdunstenden Oberfläche und das Hinderniß, welches die Organisation des Blattes, insbesondere die Epidermis, der raschen Verdunstung fortwährend entgegensetzt.

F. Das durch die meteorischen Niederschläge während der Vegetation zur Ackererde geführte Wasser deckt den Wasserbedarf der Pflanzen nicht.

1. Das während der Vegetation der betreffenden Pflanzen zur Erde gelangende Wasser reicht für den Wasserbedarf der Pflanzen lange nicht hin, wenn auch alles dieses Wasser den Pflanzen zu Gebote stände; letzteres ist aber durchaus nicht der Fall, denn:

a. geht ein nicht unbedeutender Theil dieses Wassers durch Durchsickern in den Untergrund, resp. durch Abführung durch die Drains, verloren,

b. wird dieses Wasser durch Ablaufen desselben von der Oberfläche und

c. durch Verdunstung von der Ackerkrume verringert.

Hieraus folgt, daß von dem durch die meteorischen Niederschläge zur Ackererde geführten Wasser für die Pflanze höchstens die Hälfte disponibel bleibt.

G. Andere Quellen für den Wasserbedarf der Pflanzen.

a. Die atmosphärischen Niederschläge (Regen und Schnee) während des Herbstes und Winters. Die Menge dieses Wassers ist im Durchschnitt geringer als die des Frühlings und Sommers, von jenem geht aber durch Verdunstung weniger verloren, als von diesem.

b. Der Thau; die Menge desselben ist eine nicht unbedeutende. Derselbe führt den Pflanzen direct und indirect Wasser zu; direct durch Aufnahme desselben durch die Blätter, indirect durch Zufuhr zum Boden.

c. Das Condensationsvermögen des Bodens; dasselbe führt den Pflanzen zwar nicht direct Wasser zu, hilft aber den Wasserbedarf der Pflanzen dadurch mit decken, daß es die Verdunstung aus den tieferen Schichten des Bodens verringert.

Zweite Abtheilung.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Erster Abschnitt.

Die Pflanzen und ihre Aschenbestandtheile.

Kapitel I.

Die Aschenbestandtheile der Pflanzen.

§ 82.

1. Geschichtliches.

Es ist jetzt bis zur vollkommensten Evidenz nachgewiesen, daß die Pflanze der unorganischen Nahrungsmittel zum Aufbau ihres Organismus bedarf, daß ohne Mitwirkung derselben der vegetabilische Lebens-Proceß überhaupt nicht vor sich gehen kann. Ich werde hier die geschichtliche Entwicklung der Frage über die Nothwendigkeit oder Entbehrlichkeit der unorganischen Nährstoffe nicht betrachten, da dies längere Zeit in Anspruch nehmen würde und dabei heute keinen andern als einen rein geschichtlichen Werth hat. Ich bemerke hier nur, daß die Arbeiten von Saussure, Wiegmann und Polstorff, des Fürsten von Salm-Horstmar und Anderer die Nothwendigkeit derselben unwiderleglich dargethan haben.

Wie die angeführten Namen zeigen, ist somit diese so wichtige Frage noch nicht vor zu langer Zeit entschieden worden. Noch im Jahre 1800 konnte von der Berliner Akademie der Wissenschaft die Preisfrage gestellt werden: „Von welcher Art sind die erdigen Bestandtheile, welche man mit Hülfe der chemischen Zergliederung in den verschiedenen inländischen Getreidearten findet? Treten diese in solche so ein, wie man sie findet, oder werden

sie durch die Wirkung der Organe der Vegetation erzeugt?" Diese Fragen wurden von Schrader dahin beantwortet, daß die Pflanzen die in ihnen enthaltenen Aschenbestandtheile durch den Lebens-Proceß erzeugen. Im Jahre 1802 sagte auch noch Saussure: „Es ist bis jetzt unbekannt, ob die Bestandtheile mehrerer Pflanzen bloß zufällig und von der Natur des Bodens, auf dem sie wachsen, abhängig sind, oder ob man sie als ein wahres Product der Vegetabilien von allen Local-Verhältnissen unabhängig betrachten muß.“ Aber schon im Jahre 1804 bezeichnete Saussure, nachdem er zahlreiche Untersuchungen angestellt hatte, die Aschenbestandtheile für das Pflanzenwachsthum als durchaus nothwendig. An diese Untersuchungen Saussure's, welcher die feinigen ebenfalls weiter fortsetzte, schlossen sich dann eine große Anzahl von theils Aschen-Analysen, theils anderen Untersuchungen über die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen, welche durch die schönen Arbeiten von Wiegmann und Polstorff (1840) zum vollständigen Abschluß gebracht wurden. Diese Arbeiten stellten die Unentbehrlichkeit der unorganischen Bestandtheile für die Pflanzen als zweifellos hin und thaten dar, daß alle in den Pflanzen gefundenen Körper nur aus Stoffen gebildet werden, welche die Pflanze entweder aus der Luft oder aus dem Boden aufgenommen hat.

2. Aschenmenge der landwirthschaftlich wichtigen Theile der Hauptfamilien unserer Culturpflanzen.

Die Menge von Aschenbestandtheilen, welche in den einzelnen Pflanzen und deren Theilen enthalten ist, liefert uns gleich einen Beweis für die Nothwendigkeit derselben für das Pflanzenleben.

Im Durchschnitt finden wir nämlich

bei den Cerealien	in den Körnern	2,5 %	u. im Stroh	6,4 %	Asche,
" "	Leguminosen	" "	" "	" "	6 " "
" "	Delfrüchten	" "	" "	" "	4,3 " "
" "	Wurzelgewächf.	in d. Wurz.	6,8	" "	in d. Bl. 16,4
" "	Knollengewächf.	" "	Knollen	4,2	" "
					13,1 " "

Wären die Aschenbestandtheile für die Pflanze gleichgültig, so könnten wir in bestimmten Familien nicht, wie die oben angeführten Zahlen darthun, bestimmte Mengen derselben antreffen, aber noch viel weniger könnten dann die einzelnen Pflanzentheile bestimmte Mengen enthalten.

3. Die Bestandtheile der Asche der Pflanzen.

Nachdem wir jetzt die Aschenmenge der wichtigsten Culturpflanzen kennen gelernt haben, ist zunächst weiter zu untersuchen, aus was für Körpern dieselbe besteht. Durch die Nennung der Mineralstoffe, welche die Asche der Pflanzen zusammensetzt, erfahren wir zugleich im Allgemeinen diejenigen unorganischen Stoffe, welche die Pflanze zu ihrer Ernährung bedarf.

Die Analysen der Pflanzenaschen ergaben folgende Stoffe:

Basen:	Säuren:
Kali,	Phosphorsäure,
Natron,	Schwefelsäure,
(Lithion),	Kieselsäure,
(Rubidiumoxyd),	Kohlensäure,
Kalkerde,	Chlor,
Magnesia,	(Brom)
(Thonerde),	(Jod)
die Oxyde des Eisens,	(Fluor?).
" " Mangans,	
(Kupferoxyd).	

§ 83.

4. Die für die Pflanzen nothwendigen Mineralstoffe.

Es fragt sich nun, ob diese bis jetzt in den Aschen gefundenen Stoffe der Pflanze durchaus nothwendig sind, oder ob der eine und der andere nur als zufälliger Bestandtheil anzusehen ist und sich somit die nothwendigen Aschenbestandtheile auf eine geringere Zahl reduciren.

Zur Beantwortung dieser Frage sind zwei Wege eingeschlagen worden. Als Hauptvertreter des einen und zwar des zuerst betretenen, ist der Fürst zu Salm-Horstmar zu nennen, von welchem auch in dieser Richtung die genauesten und ausführlichsten Versuche gemacht worden sind.

a. Die Versuche von Salm-Horstmar und deren Resultate.

Salm-Horstmar versuchte diese Frage in folgender Weise zu lösen: Er präparirte sich ein von unorganischen, aufnehmbaren Aschenbestandtheilen durchaus freies Medium; dasselbe bestand bei einigen Versuchen aus Zuckerkohle, bei anderen aus Sand, grobem Pulver von Quarz, Bergkrysal und künstlicher Kieselsäure.

Zu diesem Boden brachte er entweder keine Aschenbestandtheile, sondern nur Stickstoffverbindungen (in Form von salpetersaurem Ammoniak), oder er gab nur die Aschenbestandtheile, oder er setzte das salpetersaure Ammoniak hinzu und mit diesem die Aschenbestandtheile in der Art, daß einer oder mehrere der letzteren fehlten, um so die Wirkung der einzelnen Stoffe genau studiren zu können.

Aus diesen zahlreich angestellten Versuchen folgert Salm-Horstmar:

1) Ohne unorganische und ohne stickstoffhaltige Zusätze wächst der Hafer (mit dem Salm-Horstmar die meisten Versuche angestellt) zwar, bleibt aber sehr schwächlich, klein und bildet 2 Blüthen und 1 Frucht.

2) Mit den stickstoffhaltigen Zusätzen wird die Pflanze in dem Sande länger, erlangt eine Blüthe und eine Frucht, der Halm verliert aber die Kraft sich selbst zu tragen; im Ganzen fast ohne Halm und ohne Blüthe.

3) Ohne die stickstoffhaltigen Zusätze aber mit Kali, Kalkerde, Magnesia, oxydirtem Eisen, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kieselsäure bleibt die Pflanze klein und schwächlich; die Fruchtbildung ist ganz verhindert; Neigung zur zweiten Halmbildung; das Ende der Vegetation ist also nicht normal.

4) Die unter 3. angeführten mineralischen Zusätze mit stickstoffhaltigen vereinigt, bringen eine kräftige Pflanze mit stark vermehrter Blüthenbildung hervor; normale Fruchtbildung mit normaler Beendigung der Vegetation findet aber nicht statt; Nebensprossen.

5) Fehlt aber einer jener unorganischen Zusätze, während die stickstoffhaltigen bleiben, so wird die Entwicklung der Organe ganz oder theilweise gestört, oder ihre Erscheinung ist abnormal und zwar:

a. Ohne Kalkerde stirbt die Pflanze im 2. Blatte ab; keine Halmbildung.

b. Ohne Magnesia ist der Halm niederliegend, schwächlich, die Farbe abnorm, Blüthenbildung sehr verändert, und nur eine krüppelhafte Blüthe ohne Frucht.

c. Ohne Kali ist der Halm sehr kurz, höchst schwächlich, niederliegend, Farbe abnorm, Frucht mangelhaft.

d. Ohne Kieselsäure und ohne Kali. Der Halm 3" lang, die Farbe abnorm, die Blätter früh absterbend, ohne Blüthe.

e. Ohne Phosphorsäure: Halmbildung schwächlich, niederliegend, Farbe blaß, eine vollständige Blüthe, keine Frucht, 1 Nebensprosse.

f. Ohne Schwefelsäure, keine Halmbildung, die Pflanze im 3. Blatt absterbend. nachdem noch ein Versuch mit erneueter Halmbildung mit gleichem Mißlingen gemacht ist.

g. Ohne Eisen fehlt der Pflanze die grüne Farbe mehr oder minder; die Blüthenbildung hört auf, oder ist sehr verändert. Bei einem Versuche in Zuckerkohle brachte die Pflanze ohne Eisen weder Halm noch Blüthen und nur fast weiße Blätter hervor.

h. Was das Mangan anbetrifft, so scheint dasselbe wenigstens nach diesen Versuchen vor der Blüthenbildung nicht nothwendig zu sein, wenn nicht zu viel Eisen im Boden ist; zu viel Eisen macht nämlich die Halmbildung abnorm, die Blätter bekommen braune vertrocknete Stellen (Eisensflecke), die Blüthenbildung ist deprimirt, die Fruchtbildung hört auf; die Menge von Eisen, welche die Pflanze gebraucht, ist eine sehr geringe.

i. In Betreff des Chlors haben diese Versuche nichts Entscheidendes ergeben.

k. Diese 7 unorganischen Stoffe scheinen aber zur Fruchtbildung nicht auszureichen; Natron scheint durch Kali nicht ersetzt werden zu können.

Bei diesen Versuchen war über die Bedeutung des Natrons nichts entschieden. Eine neue Versuchsreihe, welche Salm-Horstmar anstellte, ergab nun, daß das Natron zur Fruchtbildung des Hafers unentbehrlich sei.

In Betreff des Mangans und Chlors gaben auch die neuen Versuche noch keine bestimmte Antwort.

Weitere Versuche in derselben Weise stellte Salm-Horstmar mit Raps, Winterweizen, Sommergerste u. s. w. an. Diese lieferten im Allgemeinen ähnliche Resultate, von denen ich hier nur folgende anführe. Der Raps kann ebenfalls ohne Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen, Phosphorsäure und Schwefelsäure nicht normal gedeihen. Beim Weizen scheint ferner das Natron sowohl zur Entwicklung der Blüthe als zu der der Frucht nothwendig zu sein; dagegen scheint die Gerste auch ohne Natron stets ihr Wachsthum zu fördern, doch weder zur Entwicklung der Blüthe noch der Frucht dasselbe entbehren zu können. Was das Eisen anbetrifft, so scheint sowohl beim Weizen als beim Hafer ein zu großer Gehalt desselben im Boden der Halmbildung nachtheilig zu sein.

Für die Gerste haben diese Versuche in Betreff des Chlors und Fluors ergeben, daß dieselbe weder das eine noch das andere nöthig hat, daß aber Chlornatrium die Zahl der Blüthen und

Früchte vermehrt, wenn zugleich eine andere Natronverbindung zugegen ist; Fluorcalcium dagegen äußert auf Gerste ohne Anwesenheit von Chlornatrium einen schädlichen Einfluß, ist dieses zugegen, so aber nicht.

Weitere Versuche mit Gerste zeigten jedoch, daß zu deren Fruchtbildung Fluorkalium und Lithion nothwendig ist.

Aus diesen Versuchen geht somit hervor, daß die Pflanze von den Mineralstoffen Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kieselsäure nothwendig hat; für die Bedeutung des Mangans und Chlors haben dieselben nichts Entscheidendes ergeben.

§ 84.

b. Die Versuche über das Wachstum der Pflanzen in wässerigen Lösungen.

α. Geschichtliches.

Der andere Weg, welcher zur Beantwortung der Frage über die Bedeutung der Mineralstoffe für die Pflanze eingeschlagen wurde, war folgender:

Man ließ Landpflanzen in wässerigen Lösungen, welche die betreffenden Nährstoffe der Pflanzen enthielten, wachsen, wobei die Entwicklung derselben und die Wirkung der einzelnen Nährstoffe schön beobachtet werden konnte. Die ersten, welche diesen Weg betraten, waren W. Knop und J. Sachs, welchen bald Stohmann, Fr. Nobbe, Kautenberg und G. Kühn, W. Lucanus, W. Wolf, H. Birner, A. Leybhecker, C. Wolff, W. Hampe, A. Beyer, P. Wagner, P. Bretschneider, J. Lehmann und Andere folgten.

Bemerkt muß hier noch werden, daß Versuche über Erziehung von Landpflanzen in wässerigen Lösungen schon seit lange gemacht und bekannt sind, so daß hierbei ein Prioritätsstreit, wie dies bekanntlich zwischen Knop und Sachs geschehen ist, nicht entstehen kann. Schon Du Hamel stellte in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts derartige Versuche an, von denen vor Allem der mit der Eiche zu nennen ist, welche 8 Jahre in Wasser vegetirte, einen Stamm von 19—20'' Umfang, mehr als 18'' Höhe und 4—5 Zweige hatte, bei welcher ferner Holz und Rinde normal waren und alle Jahre neue Blätter erschienen.

In neuerer Zeit machten de Saussure, Herth, Knop und Schloßberger Versuche über das Wachsen von Pflanzen in wässerigen Lösungen.

De Saussure brachte unter andern Wurzeln von *Mentha piperita* in destillirtes Wasser und ließ die Pflanzen darin wachsen, um hierdurch die

Unentbehrlichkeit der unorganischen Stoffe bis zu einem gewissen Grade nachzuweisen.

Hertth operirte mit 2 Wasserpflanzen, *Veronica Beccabunga* und *Annagallis*, denen er schwefelsaures Kali und Chlorkalium, von jedem Salze 0,04 Grm. bot und nach 6—7 Tagen beobachtete, daß die rückständige Flüssigkeit concentrirter geworden war, wobei das schwefelsaure Kali von beiden Pflanzen in gleichen Mengen, vom Chlorkalium dagegen von *Veronica Beccabunga* mehr aufgenommen war.

W. Knop machte im Jahre 1851 im Verein mit seinem Bruder A. Knop Versuche über die Abhängigkeit der Pflanzen von der Atmosphäre, bei welchen bei Bestimmungen der in den Pflanzen befindlichen Luft und der Veränderung, welche Pflanzen in bestimmten Luftgemischen hervorbringen, sich die Pflanzen in Wasser befanden.

Dann veröffentlichte Schloßberger 1852 Versuche über das Wachsen von *Polygonum Fagopyrum* und *tataricum* in wässerigen Lösungen von schwefelsaurem Kali und Chlorkalium, welche angestellt waren, um das Vermögen der Pflanzen, Salze aufzunehmen, zu prüfen. Die Pflanzen hatten hierbei nicht so viel Salze aufgenommen, als in dem absorbirten Wasser enthalten waren.

Somit ist die Idee, Pflanzen in wässerigen Lösungen wachsen zu lassen, schon eine alte, die Benutzung von wässerigen Lösungen aber zur normalen Erziehung von Landpflanzen von der ersten Entwicklung des Samens bis zur Fruchtbildung und die Anwendung dieser Methode zur Erkenntniß der Nothwendigkeit und Wichtigkeit der einzelnen Nährstoffe für das Pflanzenleben gehört der neuesten Zeit an. Knop hat das Verdienst, die Methode bedeutend weiter gefördert und vor allem über den zweiten Theil der gestellten Frage, die Wichtigkeit der einzelnen Nährstoffe betreffend, wichtige Resultate erlangt zu haben.

Am meisten ist diese Methode dann von Fr. Nobbe ausgebildet worden, welchem es z. B. gelungen ist, eine Buchweizenpflanze in wässerigen Lösungen zu erziehen, die das 4786fache Gewicht des Samens erreicht hatte und 115 Zweige mit 946 Blättern, 521 Blüthentrauben, 796 reifen und 108 unvollkommenen Früchten besaß.

Die erste Schwierigkeit, welche bei der Erziehung von Landpflanzen in wässerigen Lösungen auftrat, war die, die Pflanzen zur normalen Entwicklung zu bringen. Zuerst schien es, als wenn dies nicht gelingen würde, da von den Versuchsanstellern selbst, wie zunächst von Knop, behauptet wurde, daß Landpflanzen in wässerigen Lösungen nicht normal zu erziehen wären, während dagegen Sachs das Gegentheil darlegte. Nachdem jedoch erst die ersten Schwierigkeiten überwunden waren, gelang es auf diese Weise Pflanzen zu erhalten, welche in Betreff des Gewichtes ein Vielfaches des Samens zeigten, und die dann auch in ihrer ganzen Entwicklung als normal gewachsen angesehen werden konnten.

Sachs bediente sich bei seinen Versuchen der Methode der fractionirten Lösung, d. h. er präparirte mehrere Lösungen (5), aus verschiedenen Salzen bestehend, in denen die Pflanzen abwechselnd erzogen wurden. Knop dagegen wandte sowohl diese und dann später auch die an, bei welcher er von den einzelnen erforderlichen Salzen titrirte Lösungen machte und von diesen

die dem Versuche angemessenen Mengen alle Tage oder von 3 zu 3, von 5 zu 5, oder von 8 zu 8 Tagen den Gefäßen, in welchen sich die Pflanzen befanden und in welchen 1—2 Grm. kohlensaurer Kalk, 0,5 Grm. kohlensaure Magnesia und phosphorsaures Eisenoxyd aufgeschlemmt befindlich waren, zusetzte.

β. Die Versuche in wässerigen Lösungen.

Sachs gab bei seinen Versuchen, mit Ausnahme einer Versuchreihe, den Pflanzen alle die Stoffe, welche in denselben gefunden sind, so daß bei diesen die Frage, ob alle diese Stoffe nothwendig, nicht entschieden werden konnte. Sachs suchte durch seine Versuche zunächst zu constatiren, daß die Landpflanzen in wässerigen Lösungen normal zu erziehen sind.

Bei der einen Versuchreihe dagegen suchte er zu ermitteln, ob die Kieselsäure ein Nährstoff für die kieselsäurehaltigen Pflanzen sei oder nicht.

Durch seine zu diesem Zwecke angestellten Versuche kommt Sachs zu dem Resultate, daß die Kieselsäure wahrscheinlich kein Nährstoff im eigentlichen Sinne des Wortes ist.

Er fand nämlich bei den von ihm mit Mais angestellten Versuchen, bei welchen demselben in den wässerigen Lösungen keine Kieselsäure gegeben war, in den Pflanzen nur 0,7 % , welche von den Glasgefäßen, in denen die Versuche angestellt waren, stammte, während dagegen im freien Lande gezogene Pflanzen 18—23 % derselben enthielten. Die Vegetation der Maispflanzen war ohne Störung vor sich gegangen, der Stamm stand völlig aufrecht, der Kolben hatte 42 reife Körner und die ganze Pflanze wog 200 Grm.

Rn o p ging bei seinen Versuchen weiter; er versuchte, nachdem er constatirt hatte, daß Landpflanzen in wässerigen Lösungen normal zu ziehen sind, zu bestimmen, ob alle die in den Pflanzen sich vorfindenden Stoffe für dieselbe wesentlich seien oder nicht, und kommt durch seine Versuche, welche mit verschiedenen Pflanzen (Mais, Gerste, Hafer, Kresse, Hanf) angestellt sind, zu dem Resultate, daß die Pflanze zu ihrer vollständigen Entwicklung nur der folgenden Stoffe bedarf:

Kali,	}	Phosphorsäure,	}	Wasser.
Kalkerde,		Salpetersäure,		
Magnesia,		Schwefelsäure,		
Eisenoxyd,		Kohlensäure,		

Daß Rn o p das Ammoniak nicht als nothwendigen Nährstoff ansieht, haben wir schon beim Stickstoff § 43 besprochen und verweisen deshalb in Betreff dieser Frage auf das daselbst Angeführte.

Was ferner die Ansicht Rn o p's anbetrifft, daß die Kieselsäure für die Pflanze kein Nährstoff sei, so ist dies, wie schon

oben erwähnt, auch von Sachs ausgesprochen, jedoch durch die Versuche von Stohmann, Rautenberg und Kühn nicht bestätigt worden.

Stohmann fand bei seinen Versuchen, bei welchen den Pflanzen in den Lösungen keine Kieselsäure geboten worden war, trotzdem in den Aschen

bei Versuch II.	8,72 %
„ „ III.	13,88 „
„ „ V.	10,91 „
„ „ VI.	7,30 „
„ „ VII.	10,37 „

ferner bei zwei Versuchen, bei denen die Pflanzen in den Lösungen kiesel-saures Kali hatten

bei Versuch II.	12,16 %
und „ „ VIII.	14,81 „

Daß die Pflanzen, trotzdem ihnen in den Lösungen keine Kieselsäure gegeben worden, dieselbe enthalten, kann nicht Wunder nehmen, da Wasser aus Glas Kieselsäure aufzulösen vermag, wie dies schon seit längerer Zeit bekannt. Pelouze hat z. B. gezeigt, daß wenn fein gepulvertes Glas einige Minuten mit kaltem Wasser geschüttelt wird, 2—3 % des Gewichtes gelöst werden.

Rautenberg und Kühn betrachten nach ihren mit Mais und Bohnen angestellten Versuchen die Kieselsäure ebenfalls als nothwendigen Nährstoff.

Der Ausschließung des Natrons als Nährstoff der Pflanze, wie dies von Knop geschieht, tritt Stohmann ebenfalls nicht bei, da er das Natron für einen den Pflanzen nothwendigen Nährstoff hält.

Was schließlich das Chlor anbetrifft, welches nach Knop ebenfalls entbehrlich ist, so geben Stohmann's Versuche darüber nichts Entscheidendes, während dagegen die von Nobbe und Sieggert mit Buchweizen darthun, daß dasselbe für diese Pflanze ein specifischer Nährstoff ist, insofern dieses Element Functionen verrichtet, ohne welche die genannte Pflanze den Fruchtbildungs-Proceß nicht zu vollführen vermag.

Nobbe wiederholte diese Versuche über die Bedeutung des Chlors für den pflanzlichen Organismus im Jahre 1865 nochmals, nachdem dieselbe bereits 2 Jahre mit identischen Resultaten experimentell erörtert war, und kam hierdurch zu dem Resultate, daß in der Pflanze, deren Zellsaft des Chlors ermangelt, eine Degeneration des Zellgewebes eintritt, welche ihren Culminationspunkt zur Zeit der Blütenbildung erreicht und nicht nur die Ernährung und Ausbildung der Fruchtanlagen hindert, sondern die ganze Pflanze einem vorzeitigen Lebensabschluß entgegenführt.

Nobbe resumirte die gewonnenen Resultate, wie folgt:

„Nach diesen Versuchen ist somit durch 3jährige Versuche dargethan, daß das Chlor, als wesentlich betheilt an den orga-

nifatorischen Processen in dem Buchweizen für diese und mit großer Wahrscheinlichkeit auch für die übrigen Culturgewächse, wenn auch vielleicht in anderen Verbindungsformen und Mengen (beim Buchweizen erwies sich die Form des Chlorkaliums und vielleicht auch die des Chlorcalciums als die passendste) ein nothwendiger Factor des vegetativen Lebens und somit den pflanzlichen Nährstoffen beizuzählen ist.“

Dieselben Resultate in Betreff des Chlors haben auch die von *Leydhecker* im Verein mit *v. Gohren* angestellten Versuche ergeben. Auch die Versuche von *Birner* und *Lucanus* mit Hafer, Klee, Wicken, Erbsen scheinen dasselbe Resultat zu bestätigen, da bei Rothklee durch Zusatz von Chlorkalium (das auch hier die eigentliche Form ist) die gebildete Pflanzenmasse außerordentlich vermehrt wurde, während dagegen die Wicken und Erbsenpflanzen, denen Chlor in der Lösung fehlte, beim Beginn der Blüthe kränkelten und abstarben. *Nobbe* erhielt andererseits in chlorkaliumhaltigen Nährstofflösungen 3 Jahre hindurch normal und gut ausgebildete Samen von Wicken.

Weitere Beweise für die Bedeutung des Chlors als Pflanzennährstoff lieferte *P. Wagner*; bei seinen Versuchen mit Maispflanzen waren alle Blüthen von den Pflanzen, welche in der Nährflüssigkeit kein Chlor erhalten hatten, taub.

Birner und *Lucanus* prüften ferner noch, ob das Kali durch Natron, Cäsiumoxyd, Rubidion oder Lithion vertreten werden könnte, wobei sich bei ihren Versuchen mit Hafer, Klee und auch Wicken ergab, daß dies der Fall nicht sei.

Von *P. Wagner* liegen ferner noch Versuche vor, welche ermitteln sollten, ob das Mangan das Eisen vertreten könnte? die Versuche ergaben, daß dies der Fall nicht sei.

y. Die Resultate dieser Versuche.

Ueberblicken wir jetzt die sämtlichen über die angeregte Frage angestellten Versuche, so geht aus denselben hervor, daß wir die nachfolgenden Körper als die für die Ernährung der Pflanzen nothwendigen unorganischen Nährstoffe anzusehen haben:

Kali,	} Phosphorsäure,	
Natron,		} Schwefelsäure,
Kalkerde,		} Kieselsäure,
Magnesia,		} Chlor.
Eisenoxyd,		}

§ 85.

d. Die anderen in den Pflanzen gefundenen unorganischen Stoffe.

Ueber die von *Salm-Horstmar* noch weiter für nothwendig gehaltenen Stoffe: Mangan, Fluor und Lithion, von

denen die beiden letzteren in dem im Boden ganz allgemein vorkommenden Lithiouglimmer enthalten sind, liegen jetzt in Betreff des Mangans und Lithions weitere Arbeiten von Fr. Schulze, Birner und Lucanus, Nobbe, J. Schröder und R. Erdmann, A. Leclerc und W. D. Focke vor.

Fr. Schulze fand spectralanalytisch in Pfälzer Taback einen relativ hohen Gehalt an Lithium und im amerikanischen Taback so sehr wenig, daß er glaubt, man könne unter Umständen aus der Asche eines gegebenen Tabacks die Diagnose auf dessen Herkunft stellen.

Ebenso ist von Focke in der Asche zahlreicher Pflanzen spectralanalytisch Lithium gefunden worden.

Die von Birner und Lucanus erhaltenen Resultate sind bereits pag. 269 kurz angeführt.

Nobbe und seine Mitarbeiter fanden, daß das Lithion das Kali nicht nur nicht vertreten könne, sondern daß dasselbe sogar Wirkungen hervorbrachte, welche es als nachtheilig erscheinen ließen.

A. Leclerc hat in den Aschen verschiedener Hölzer und Samen zum Theil nicht unbedeutende Mengen von Mangan nachgewiesen, z. B. in 100 Grm. Asche der Weißbuche 7,454, der Rothbuche 5,307, der Tanne 4,507, des Weizensamens 0,0113, des Gerstensamens 0,0056 Grm. u. s. w.

Das von Bunsen und Kirchhoff neu entdeckte Rubidium ist von Grandeau in den Kunkelrüben, im Taback, Kaffee, Thee und im Weinstein gefunden worden, also in an Kali reichen Pflanzen, dagegen konnte Grandeau das Rubidium im Raps, in der Cacaobohne, dem Zuckerrohr und einigen Fucusarten nicht nachweisen. Das Vorkommen des Rubidiums in den Zuckerrüben ist auch von Lefebvre bestätigt worden.

Was ferner die Thonerde anbetrifft, so ist dieselbe von einigen Analytikern in einzelnen Culturpflanzen gefunden worden, hieraus ist aber nicht der Schluß zu ziehen, daß sie für die Pflanze nothwendig sei, sondern wir können mit Sicherheit, wenn wir die sämmtlichen Aschenanalysen, welche vorliegen, ins Auge fassen, annehmen, daß die Thonerde für unsere Culturpflanzen entbehrlich und daß sie da, wo sie nachgewiesen worden, nur ein zufälliger Bestandtheil der Aschen gewesen ist. — Sicherlich ist vielfach unreines Material die Ursache, daß dieselbe gefunden wurde. — Der Ausspruch in Betreff der Thonerde muß aber anders lauten, wenn wir auch die wildwachsenden Pflanzen mit in Betracht ziehen, denn sie ist in einigen derselben in solchen Mengen enthalten, daß man sie in diesen als nothwendigen Bestandtheil hinzustellen hat.

So fand Mitthausen in *Lycopodium complanatum* 36,25% Thonerde, während *Lycopodium Chamaecyparissus* und *clavatum* keine enthielten; in derselben Pflanze fand Salm-Horstmar 38,5%; Aber-

holdt fand dagegen auch in den andern beiden Lycopodium-Arten bedeutende Mengen von Thonerde, so in Lyc. cham. 51,83 % und in Lyc. clav. 26,65 %.

Kupferoxyd; dasselbe ist schon vor mehr als 50 Jahren von John, Meißner und Buchholz und von Sarzeau (1824—1832) in mehr als 200 Vegetabilien nachgewiesen worden, was in neuerer Zeit von Langlois (1847), Dechamps (1848), Dormy (1858), Lambert (1861), Cornaille (1863), Ulex und Wicke (1865) bestätigt ist.

Die Menge des gefundenen Kupferoxydes ist aber nur eine geringe. Wicke fand z. B. bei seinen Untersuchungen 0,012 bis 0,13 %; hieraus folgt, daß wir bis jetzt wohl berechtigt sind, dasselbe nur als zufälligen Bestandtheil der Pflanzen zu betrachten.

Zink; in Betreff des Einflusses des Zinks auf die Vegetation hat M. Freitag gefunden, daß alle Pflanzen dasselbe aufnehmen, wenn es ihnen geboten wird, aber durch dasselbe in ihrem Wachstume nicht gestört werden; die Samen enthalten so wenig von dem Metall, daß sie ohne Bedenken gegessen werden können.

Baryterde; das bereits von Scheele und Bodecker angegebene Vorkommen von Baryterde in gewissen Pflanzenaschen, ist durch neue Untersuchungen von H. Dworzak bestätigt worden. Dworzak fand in dem Nithalweizen in der Blattasche 0,08 und in der Stengelasche 0,02 % Baryterde.

Jod und Brom. Beide Körper sind Bestandtheile der Wasserpflanzen, während sie in den Landpflanzen nicht enthalten sind.

§. 86.

Kurze Wiederholung.

1. Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen sind für den Lebens-Proceß derselben durchaus nothwendig.

2. In den Aschen der Pflanzen sind an basischen Körpern gefunden worden: Kali, Natron (Lithion, Rubidiumoxyd), Kalkerde, Magnesia (Thonerde), die Oxyde des Eisens und Mangans, an Säuren: Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Kohlenensäure, Chlor, (Brom, Jod [Fluor?]).

3. Um die von den unter 2 genannten für die Pflanzen nothwendigen Nährstoffe festzustellen, sind 2 Wege eingeschlagen worden und zwar:

a. Man setzte einem indifferenten, festen Medium die Nähr-

stoffe der Pflanze in der Weise zu, daß man einen oder mehrere fehlen ließ und beobachtete dabei die Entwicklung der Pflanzen. Der Hauptvertreter dieser, der älteren Richtung, ist der Fürst zu Salm-Horstmar. Nach diesen Versuchen sind für das Wachsthum der Pflanzen die folgenden unorganischen Stoffe durchaus nothwendig: Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kieselsäure. Ueber die Bedeutung des Mangans, Chlor u. s. w. haben diese Versuche nichts Entscheidendes ergeben.

b. Der zweite zur Entscheidung dieser Frage eingeschlagene Weg unterscheidet sich von dem ersteren dadurch, daß man als Medium nicht einen festen Körper, sondern Wasser nahm.

Dieser Weg ist von Sachs, Knop, Stohmann, Robbe, Mautenberg und Kühn, B. Lucanus und Siegert, W. Wolf, H. Birner, A. Leydhecker, E. Wolff, W. Hampe, A. Beyler, P. Wagner, P. Bretschneider, J. Lehmann und Anderen betreten und hat bis jetzt zu folgenden Resultaten geführt: Durchaus nothwendig für die Pflanzen sind die folgenden unorganischen Körper: Kali, Natron, Kalkerde, Eisenoxyd, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure und Chlor.

4. Für unsere Culturpflanzen sind Thonerde und wahrscheinlich auch Kupferoxyd als zufällige Bestandtheile zu betrachten.

5. Brom und Jod kommen nur in den Seepflanzen vor.

Kapitel II.

Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanzen.

§ 87.

I. Allgemeines.

Die Ueberschrift spricht hier nicht deutlich aus, was der Gegenstand dieses Kapitels sein soll, weshalb noch hervorgehoben werden muß, daß hier das „Wie“ der Aufnahme besprochen wird, während die Frage über die Verbindungen, in welchen die einzelnen Nährstoffe in die Pflanze eintreten, Gegenstand eines späteren Kapitels sein wird.

Vor dem Jahre 1857 waren alle Physiologen darüber einig, daß die Pflanze ihre Nahrung aus einer Lösung empfangt. Darauf wurde im genannten Jahre von v. Liebig die Behauptung aufgestellt, daß die Pflanzen ihre Nährstoffe ohne Vermittelung des Bodenwassers aus dem Boden aufnehmen. Dieser Ansicht v. Liebig's, welche ich später näher beleuchten werde, kann ich mich nicht vollständig anschließen; ich werde daher zunächst das „Wie“ bei der Aufnahme der Nährstoffe aus einer Lösung zu erklären versuchen.

Die Thatsache, daß in den verschiedenen Pflanzen quantitativ verschiedene Mengen der einzelnen Nährstoffe gefunden werden, auch wenn dieselben auf demselben Boden gewachsen sind, ist zunächst von den einzelnen Forschern verschieden erklärt worden. Die Einen schreiben der Pflanze deshalb ein Wahlvermögen zu, während dies von den Andern verneint wird.

2. Die Pflanzen besitzen ein Wahlvermögen.

Was die erste Ansicht, daß die Pflanze das Vermögen besitze, unter den ihr dargebotenen Stoffen wählen zu können, anbetrifft,

so läßt sich gegen dieselbe Folgendes einwenden: Wenn die Pflanzen unter den ihr zur Ernährung gebotenen Stoffen wählen könnten, so würden sie sicherlich keine ihrem Organismus feindliche Stoffe aufnehmen. Trotzdem ist aber durch viele Versuche constatirt, daß die Pflanze giftige Stoffe, sobald sie ihr geboten werden, absorbiert. Diese Thatsache ist durch die Versuche von Trinchinelli, Vogel, Payen, Chevallier, Chatin, Filhol und Andere erwiesen; auch von mir sind hierüber mehrere Versuche angestellt, von denen ich hier einen mit Gerstenpflanzen, denen Chlorbarium in Lösung geboten war, anführen werde.

Vier sogenannte Hyacinthengläser a., b., c. und d. waren in folgender Weise mit den zum Versuche dienenden Flüssigkeiten gefüllt.

a.	enthielt	420	Ccm.	reines	Wasser,
b.	"	400	"	Wasser,	in dem 1 Grm. Chlorbarium gelöst war,
c.	"	400	"	"	" " " " 0,5 " " " "
d.	"	450	"	"	" " " " 2,0 " " " "

Die Gläser wurden mit einem feinen groblöchigen Gewebe (Züll) verbunden und hierauf je 10 gute Gerstenfamen (*Hordeum distichon*) gelegt, welche während des Keimens mit einer Glocke bedeckt waren. Der Versuch dauerte vom 29. Juni bis zum 12. Juli. Bei a. hatten nach 36 bis 48 Stunden sämtliche Samen die Wurzelkeime und nach 96—104 Stunden die Blattkeime entwickelt. Am 12. Juli, wo der Versuch beendet wurde, waren alle Pflanzen schön grün, alle hatten schon ein 2. Blatt entwickelt und waren sehr kräftig; ebenso war die Wurzelbildung, deren Länge 1—2", eine gute, die Länge der Blätter variierte zwischen $4\frac{3}{8}$ und $5\frac{1}{8}$ Zoll. b. Auch hier waren die Wurzelkeime nach 48 Stunden bei allen Samen entwickelt, die Blattkeime traten jedoch erst nach 120 Stunden hervor. Bei Beendigung des Versuchs waren alle Blätter stark gelb und mit dunklen Flecken versehen. Die Wurzelbildung sehr schwach. Die Blätter hatten eine Länge von 1— $2\frac{1}{4}$ Zoll.

c. Die Wurzelkeime waren auch hier nach 48 Stunden sämtlich entwickelt, ebenso 8 Blattkeime nach 120 Stunden, die beiden letzten jedoch erst nach 132 Stunden. Am 12. Juli waren alle Blätter bis zur Hälfte gelb. Die Wurzelbildung schwach, die Länge der Blätter schwankte zwischen 1— $2\frac{3}{4}$ Zoll.

d. Hier waren die ersten 8 Wurzelkeime auch nach 24 Stunden entwickelt, die der beiden andern jedoch erst nach 96 Stunden. Die Blattkeime erschienen sämtlich erst nach 6 Tagen. Am 12. Juli waren alle Blätter bis über die Hälfte gelb und mit dunklen Flecken versehen. Wurzelbildung sehr schwach; die Länge der Blätter betrug bei 6 Pflänzchen: $\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ " und bei 4: 2 — $2\frac{3}{4}$ "

Jetzt wurden die Pflänzchen von ihrer Unterlage getrennt, sorgfältig mit Wasser abgespült und zwar so lange bis das Waschwasser kein Chlorbarium mehr enthielt, dann getrocknet und eingeäschert.

Die 10 getrockneten Pflanzen wogen

bei b.	0,2946	Grm.	und	lieferten	0,0146	Grm.	Asche,
"	c.	0,3451	"	"	"	0,0179	"
"	d.	0,3081	"	"	"	0,0180	"

In der Asche Barhyterde sehr deutlich nachweisbar.

Wenn dieser Thatsache entgegen von denjenigen, welche der Pflanze ein Wahlvermögen zuschreiben, angeführt wird, daß diese giftigen Stoffe die Wurzeln zerstört hätten und daß dieselben alsdann in Folge von Capillarattraction in die Pflanzen eingetreten seien, so erklärt dies allerdings die Aufnahme dieser Stoffe vollständig, aber leider fehlt für diese Erklärung der Beweis, während gegen dieselbe wieder Manches anzuführen ist. Wäre dies wirklich der Fall, so müßte man in den Pflanzen größere Mengen der betreffenden Stoffe finden, als sie enthalten: bei den Versuchen sind stets nur geringe Mengen der feindlichen Stoffe in der Pflanze nachgewiesen; dies genügt für die Thatsache der Aufnahme und ergibt sich aus der weiter unten folgenden Erklärung der Aufnahme der Nährstoffe leicht.

Daß die Wurzeln, wenn die Pflanzen lange in Lösungen mit solchen der Pflanze giftigen Stoffen verweilen, mit der Zeit zerstört werden, kann nicht bestritten werden; natürlicherweise müssen daher die Pflanzen eher aus den Lösungen genommen werden, als bis dieser Zeitpunkt eingetreten ist.

§ 88.

3. Die Pflanzen besitzen kein Wahlvermögen. Die Endosmose und Exosmose — Membrandiffusion.

Der soeben besprochenen Ansicht steht nun die andere gegenüber, welche die meisten Pflanzen-Physiologen, wie de Candoelle, Mulder, Schleiden, Schacht und viele Andere zu ihren Vertheidigern hat, nämlich die, daß die Pflanze kein Wahlvermögen besitze, sondern daß sie alles, was ihr in einer Lösung geboten werde, aufnehmen müsse.

Das „Wie“ bei der Aufnahme der Nährstoffe ohne Wahl findet am besten in dem von W. Fischer 1814 und Dutrochet 1827 aufgestellten Gesetze der Endosmose und Exosmose seine Erklärung.

Nach diesem Gesetze, welches durch zahlreiche Versuche bestätigt ist, gleichen zwei Flüssigkeiten, welche durch eine Membran getrennt sind sich allmählich in der Art aus, daß nach einer gewissen Zeit in beiden Flüssigkeiten dieselben Mengen der Körper enthalten sind. Dutrochet drückt dies wie folgt aus: „Wenn zwei an Dichte oder chemischer Natur verschiedene Flüssigkeiten durch eine dünne und durchdringliche Scheidewand getrennt sind, so stellen sich durch diese Scheidewand zwei Ströme ein von entgegengesetzter Richtung und ungleicher Kraft.“ „Diese beiden Ströme finden sich in den hohlen Organen, aus denen die or-

ganischen Gebilde bestehen und deshalb habe ich sie Endosmose und Exosmose genannt." Dutrochet hielt die Electricität für die Ursache dieser Erscheinungen.

Nach Dutrochet wurden die endosmotischen Vorgänge von Magnus, Brunner, Bierordt, Solly; Ludwig, Liebig, Fick, Schacht und Anderen studirt, von denen aber die meisten thierische Membranen zu den Versuchen benutzten, weshalb die von ihnen erhaltenen Resultate nicht mit voller Schärfe auf die Erscheinungen in der Pflanze anzuwenden sind. Mit pflanzlichen Membranen arbeiteten Fischer und Schacht. Die ausführlichsten und zahlreichsten Versuche mit pflanzlichen Membranen verdanken wir W. Schumacher, welcher Collodium — in Aether gelöste Schießbaumwolle — bei seinen Versuchen anwendete.

Die Resultate der Versuche von Schumacher lassen sich etwa, wie folgt resumiren:

1. Wenn Wasser sich auf der einen Seite der Membran und auf der andern Seite eine Säure, ein Salz oder ein anderer Körper befindet, so tritt durch die Membran um so mehr Wasser durch, je niedriger die Concentration, was sich dadurch erklärt, daß Wasser von der Membransubstanz stärker als die andern Stoffe angezogen wird. Von diesem Gesetze machen die Chloride der alkalischen Erden eine Ausnahme, bei denen das Umgekehrte stattfindet.

2. Die Anziehung der Membransubstanz zu den gelösten Stoffen oder mit anderen Worten die Durchgangsfähigkeit derselben, ist eine verschiedene.

Schumacher stellt hier folgende 3 Scalen auf:

a. Für Säuren:

Chlornasserstoffsäure,
Salpetersäure,
Schwefelsäure,
Dralsäure,
Essigsäure,
Phosphorsäure.

b. Für Salze nach der Natur ihrer Säuren:

Salpetersaure Salze,
Chlormetalle,
Schwefelsaure Salze,
Dralsaure Salze,
Essigsäure Salze,
Phosphorsaure Salze,
Kohlensaure Salze.

c. Für Salze nach der Natur ihrer Basen:

Salze von	Ammonium,
" "	Kalium,
" "	Natrium,
" "	Magnesium (?),
" "	Baryum,
" "	Calcium.

Hierzu ist noch zu bemerken, daß die Reihe b. nach den Ammoniaksalzen und die Reihe c. nach den Chlorverbindungen der Basen aufgestellt ist.

Schuhmacher prüfte auch einige organische Körper auf ihre Durchgangsfähigkeit, nämlich: Alkohol, Zucker, Gummi und Eiweiß und fand hier, daß vom Alkohol mehr zum Wasser, als von letzterem zum Alkohol geht, daß ferner beim Eiweiß sehr viel Wasser im Verhältniß zum Eiweiß durchgeht, beim Gummi und Dextrin dagegen weniger und beim Zucker noch weniger, so daß also von diesen Stoffen der Zucker am besten diffundirt.

3. Befinden sich auf beiden Seiten der Membran gelöste Stoffe, so ist das Endresultat dasselbe, als wenn auf der einen Seite nur Wasser ist, d. h. schließlich ist eine gleichmäßige Vertheilung der gelösten Stoffe auf das Lösungsmittel eingetreten, da aber die Durchgangsfähigkeit der Körper eine verschiedene ist, so wird der eine Körper auch eher auf beiden Seiten der Membran ausgeglichen sein, als der andere.

4. Geschlossene Membranen verhalten sich in den Fällen, wo die Lösung sich nicht unter Volumenzunahme mit Wasser mischt, ebenso wie offene Membranen, im andern Falle kann, wenn die Membran sich nicht auszudehnen fähig, nicht mehr Wasser durchtreten, als von den gelösten Stoffen austritt.

5. Durch Verdunstung wird die Diffusion befördert, d. h. verdunstet von der einen Flüssigkeit Wasser, wodurch diese concentrirter wird, so tritt von der andern Seite so viel Wasser nach, bis das Gleichgewicht zwischen beiden wieder hergestellt ist; dasselbe, was vom Wasser angeführt ist, gilt von flüchtigen Körpern.

6. Die vom Wasser aufgelösten Gase diffundiren nach demselben Gesetze, wie gelöste, nicht flüchtige Stoffe.

7. Die Wärme beschleunigt die Diffusion.

8. Je dickwandiger die Membran, um so weniger geht in gleicher Zeit und aus gleichprocentigen Lösungen durch dieselbe.

§ 89.

4. Construction der Wurzelspitzen.

Bevor wir die Geseze der Endosmose und Exosmose oder der Membrandiffusion auf die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze anwenden, müssen wir noch vorher die Construction der Wurzelspitzen betrachten.

Nach den ausführlichen Untersuchungen von Dhlers bestehen die Wurzelsfasern aus 4 Theilen: der oberste ist der längste, wenig durchscheinend, gelblich oder röthlich gefärbt; der nächstfolgende ist zarter und durchscheinend, an welchen sich ein verdickter, in der Regel gelber, auch röthlich und grün gefärbter, sehr zarter Theil anschließt; das unterste Ende ist kegelförmig, wasserhell und besteht aus ovalen Zellen, von denen die äußern eine Art Saugwurzel bilden. Ferner finden wir die meisten Wurzelsfasern mit feinen weißen Haaren, welche aber nicht ganz bis zur Spitze der Wurzelsfasern reichen, bedeckt. Beim Längsdurchschneiden der Wurzelsfaser zeigen sich in derselben 2 Theile, nämlich in der Mitte ein Gefäßbündel und um dasselbe Parenchymzellen. Diese beiden Theile sind aber nur in dem oberen Theile deutlich zu unterscheiden, mehr nach unten kommen langgestreckte Zellen, welche allmählig feiner und feiner werden, so daß sich an der Spitze nur einzelne Zellen befinden. Wir haben also in den Wurzelsfasern in dem mit der Erde in Berührung befindlichen Theile Zellschichten, während im Innern, etwas entfernt von der Spitze, ein Gefäßbündel vorhanden ist.

Welcher oder welche, von den 4 soeben beschriebenen Theilen der- oder diejenigen sind, die die Aufnahme aus dem Boden besorgen, ist noch nicht entschieden. Nach Dhlers ist die Spitze, wie dies von Anderen (de Candolle) behauptet, nicht das Hauptorgan der Aufnahme, sondern nach ihm findet die Aufnahme durch die 3 übrigen Theile statt; ob von diesen alle, oder nur einer, hierbei thätig sind, ist noch nicht festgestellt. Dhlers hält vor Allem den weißen mit Haaren besetzten Theil zur Aufnahme bestimmt, wobei er letzteren ebenfalls eine Function zuschreibt. Ich neige mich dieser Ansicht ebenfalls hin und halte gerade die Härchen für sehr thätig bei der Aufnahme, was, wie ich glaube, durch Folgendes bethätigt wird:

Wenn man Samen in Gefäßen auf Papier keimen und weiter wachsen läßt, wobei durch Bedeckung des Gefäßes in demselben sich eine feuchte Atmosphäre befindet, so beobachtet man stets, daß sich um so mehr von diesen Härchen bilden, je trockner die die Wurzel umgebende Atmosphäre ist.

Diese Thatsache, welche ich bei einer sehr großen Anzahl von Versuchen beobachtet habe, scheint mir nur dadurch erklärt werden zu können, daß die Härchen die Aufnahme der Feuchtigkeit vermitteln und daß deshalb sich um so mehr von denselben bilden, je weniger wegen Mangel an Feuchtigkeit von den einzelnen aufgenommen werden kann.

§ 90.

5. Anwendung der endosmotischen Gesetze auf die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze.

Wenn wir nun die Untersuchung über das „Wie“ der Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze wieder aufnehmen, so wird dieselbe jetzt, wie folgt zu erklären sein.

Die äußern Enden der Wurzelfasern nehmen die im Boden befindlichen Stoffe endosmotisch auf und zwar Alles, was ihnen in Lösung geboten wird. Die von den äußeren Zellenreihen aufgenommenen Stoffe treten dann ebenfalls auf endosmotischem Wege nach dem Bedürfnisse der betreffenden Pflanzen in die nächstfolgenden u. s. w.

§ 91.

6. Die verschiedenen Pflanzen brauchen die einzelnen Nährstoffe in verschiedenen Mengen und nicht in dem Verhältniß, in dem sie in dem Medium, in welchem sie leben, enthalten sind.

Wie wir aber schon früher gesehen haben, brauchen die einzelnen Pflanzen zwar dieselben Stoffe, aber in verschiedenen Mengen, ja dies gilt nicht nur von den einzelnen ganzen Pflanzen, sondern auch von den einzelnen Theilen derselben. So z. B. kommt in fast allen Pflanzen stets mehr Kali als Natron vor, stets mehr Phosphorsäure als Schwefelsäure u. s. w. Das Stroh der Cerealien enthält ferner mehr Kieselsäure als das der Leguminosen und bedeutend mehr als die Samen; die Samen enthalten wieder mehr Kali, mehr Phosphorsäure mehr Proteinkörper als das Stroh u. s. w.

Würden diese Stoffe in der Bodenlösung in ähnlichem Verhältniß vorkommen, wie sie von der Pflanze erfordert werden, so wären die genannten Thatsachen leicht erklärt. Dem ist aber nicht so: die Pflanze verbraucht die Stoffe nicht in dem Verhältniß, in dem sie in der Bodenlösung vorkommen, wie dies aus Folgendem hervorgeht.

α. Die Versuche Saussure's.

Die so wichtige Frage über die Art der Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze ist schon von Saussure zum Gegenstand von Versuchen gemacht worden, welche, da sie zur Illustration der angeregten Frage dienen, hier Platz finden müssen.

Saussure präparirte einige Lösungen, welche auf 793 Ccm. Wasser 637 Milligr. feste Stoffe enthielten; bei den späteren Angaben sind diese gleich 100 gesetzt. In je einer dieser Lösungen brachte er zwei Pflanzen, welche in denselben so lange blieben, bis die Hälfte der Lösung verbraucht war, was in 2 Tagen erfolgte. Hätten die Pflanzen die Stoffe in demselben Verhältnisse, in welchem sie in der Lösung befindlich waren, aufgenommen, so müßte bei den einzelnen Versuchen stets die Hälfte der Stoffe (also 50) aus der Lösung verschwunden sein; statt dessen war die Aufnahme wie folgt:

	Polygonum Persicaria.	Bidens Cannabina.
Chlorkalium	14,7	16
Chlornatrium	13,0	15
Salpetersaures Natron	4,0	8
Schwefelsaures "	14,4	10
Chlorammonium	12,0	17
Schwefelsaures Kupferoxyd	47,0	48

Saussure präparirte ferner Lösungen von je 2 oder 3 Salzen, so daß von jedem Salze stets dieselbe Menge gelöst war; das übrige wie vorher; hierbei wurden aufgenommen von:

	Polygonum.	Bidens.
Schwefelsaures Natron	11,7	7,0
Chlornatrium	22,0	20,0
Schwefelsaures Natron	12,0	10,0
Chlorkalium	17,0	17,0
Essigsaure Kalkerde	8,25	5,0
Chlorkalium	35,0	16,0
Salpetersaure Kalkerde	4,25	2,0
Chlorammonium	16,25	15,0
Essigsaure Kalkerde	4,25	2,0
Schwefelsaures Kupferoxyd	16,25	15,0
Salpetersaure Kalkerde	17,0	35,0
Schwefelsaures Kupferoxyd	34,0	39,0
Schwefelsaures Natron	6,0	13,0
Chlornatrium	10,0	16,0
Essigsaure Kalkerde	0,0	0,0

Saussure resumirt die Resultate dieser Versuche in Folgendem:

1. Die Wurzeln der Pflanzen absorbiren die Salze immer in geringeren Verhältnissen, als das Wasser, welches dieselben gelöst enthält.

2. Das Durchschneiden der Wurzeln, ihre Zersekung und im Allgemeinen die Mattigkeit der Vegetation begünstigen das Eindringen der Salze in die Wurzeln.

3. Ein Gewächs saugt nicht in gleichem Verhältniß alle in der nämlichen Auflösung zugleich enthaltenen Substanzen ein, es macht besondere Abscheidungen; es absorbirt diejenigen Stoffe in größerer Menge, deren Auflösungen einzeln betrachtet, weniger klebrig sind.

β. Die Versuche von Gorup-Besanez.

Gorup-Besanez ließ die Asche von *Trapa natans* in verschiedenen Perioden der Entwicklung, so wie das Wasser des Teiches, in welchem die Pflanzen gewachsen waren, untersuchen, wobei sich Folgendes ergab:

	Die Pflanzen im Mai gesammelt; Analyse von Stern.	Die Pflanzen im Juni gesammelt; Hoch- und Niederblätter und Wurzeln; Analyse von Klinksieck.	Fruchtschalen; Analyse von Herzogenrath.
Kieselsäure	28,66	27,34	4,843
Eisenoxyd	29,62	23,40	68,603
Manganoxyduloxyd	7,57	14,70	9,638
Kalkerde	14,91	17,65	9,778
Magnesia	7,56	5,15	0,914
Kali	6,89	6,06	1,264
Natron	1,41	2,71	0,626
Chlor	0,65	0,46	0,414
Schwefelsäure	2,73	2,53	3,920
Summa	100,00	100,00	100,000
Aschenprocente der bei 100° C. getrockneten Pflanze	} 29,64	15,924	7,754
Phosphorsäure			

Das Teichwasser war nach der Analyse von *Klincksieck*, wie folgt, zusammengesetzt:

	In 10000 Theilen Wasser.	In 100 Theilen des geglühten Rück- standes des Wassers.
Kieselsäure	0,0153	1,9020
Eisenoxyd . . .	0,0090	1,1186
Manganoxyduloxyd	0,0012	0,1492
Kalkerde	0,3398	42,2427
Magnesia	0,1455	18,0880
Kali	0,0730	9,0751
Natron	0,0741	9,2119
Chlor . . .	0,0095	1,1810
Schwefelsäure	0,1370	17,0313
Summa	0,8044	99,9998

Diese Zahlen beweisen die oben ausgesprochene Behauptung ohne jeglichen Commentar.

γ. Die Untersuchungen von *W. Wolff*.

Die für die Ernährung der Pflanzen so wichtigen *Saussure*'schen Versuche bedurften aus zwei Gründen einer Wiederholung, denn

1. hatte *Saussure* dieselben mit Landpflanzen mit ihren Landwurzeln angestellt; wir wissen aber jetzt, daß Landpflanzen im Wasser ihre Wurzeln verlieren, und neue Wasserwurzeln bilden und

2. waren dieselben mit den damals zwar guten, jetzt aber als mangelhaft bekannten analytischen Methoden gemacht worden.

Deshalb nahm *W. Wolff* diese Untersuchungen wieder auf und führte sie auf das sorgfältigste nach den verschiedenen Richtungen hin durch.

Wolff resumirt seine äußerst zahlreichen Versuche mit Bohnen und Maispflanzen wie folgt:

1. Die Aufnahme eines Salzes aus einer Lösung in die Pflanze erfolgt für alle Fälle nach dem *Saussure*'schen Gesetze, wenn die gegebene Lösungs-Concentration größer ist, als 0,25procentig.

2. Sind die Lösungen, aus welchen die Pflanzen die Salze entnehmen sollen, von niederer Concentration als 0,25procentig, so hängt die Art der Aufnahme von den an den Wurzeln noch zugleich vorhandenen Salzarten ab.

Die Aufnahme eines Salzes kann durch die gleichzeitige Gegenwart eines andern Salzes gewisse Modificationen erfahren; es kann eine gesteigerte Aufnahme eines andern Salzes eintreten.

3. Die Pflanzen äußern das Bestreben verdünntere Auflösungen an Salzen relativ mehr zu erschöpfen, als concentrirtere.

Es kann von einer Pflanze die ganze Menge des in einem Lösungsgemisch befindlichen einen Salzes aus der Lösung mit der Hälfte der Lösungsflüssigkeit aufgenommen werden.

4. Den Pflanzen wohnt eine Thätigkeit inne, vermöge welcher die Zellflüssigkeiten Salze auf eine Weise so innig binden können, daß diese Salze der lebenden Pflanze durch destillirtes Wasser, welches man mit den Wurzeln derselben in Berührung bringt, nicht mehr entzogen werden können. Es bestehen innige Beziehungen zwischen den einzelnen mineralischen Nährstoffen und dem Inhalte der Zellen; durch die gleichzeitige Mitwirkung eines zweiten Salzes können gewisse Veränderungen dieser Beziehungen herbeigeführt werden. Die Einflüsse verschiedener Salze auf die Zellenthätigkeit sind verschiedener Art.

5. Die beiden Versuchspflanzen unterscheiden sich nur in der absoluten Mengenaufnahme der einzelnen Salze von einander. Diejenigen Salze, welche die Maispflanzen in vom Saussure'schen Gesetze abweichenden Verhältnissen aufnehmen, werden auch von den Bohnenpflanzen nach vom Saussure'schen abweichenden Gesetzen aufgenommen.

6. Einen bestimmten Factor für die Art der Aufnahme eines Salzes in die Pflanze bildet das Verhältniß oder die Verwandtschaft des Zellinhalts zu dem aufzunehmenden Salze.

7. Die Salzlösungen werden unmittelbar an den Wurzeln nicht zerlegt: die Salze gehen unzerlegt in die Wurzeln ein; eine Zerlegung und Umbildung der mineralischen Nährstoffe erfolgt somit erst im Innern der Pflanze bei Assimilation der Kohlensäure und Neubildung der organischen Natur.

8. Mit einem größeren Wasserquantum, welches durch die Wurzeln geht, wird auch in den meisten Fällen ein größeres Salzquantum aus gleichprocentigen Lösungen aufgenommen; jedoch steigt die Aufnahme von Salz nicht in einfacher Proportion mit der Mehraufnahme von Wasser.

9. Auf die Größe der Einsaugung von Wasser durch die Wurzeln ist nicht allein die Größe der verdunstenden Blattflächen von Einfluß, sondern die Aufnahme von Wasser ist abhängig von der Concentration der Lösung und steht im innigen Zusammenhange mit der Durchgangsfähigkeit der einzelnen Salze durch die Wurzelzellen.

10. Für die Durchgangsfähigkeit der benutzten Salze findet ein merkwürdiger Unterschied statt. Es lassen sich nach den erhaltenen Zahlen-Resultaten, die Salze nach dem Grade der Durchgangsfähigkeit in folgender Weise ordnen:

Leicht diffusibel die Lösung von:	Schwer diffusibel die Lösung von:
salpetersaurem Ammoniak.	schwefelsaurem Natron.
salpetersaurem Kali.	schwefelsaurem Ammoniak.
phosphorsaurem Kali.	schwefelsaurem Kali.
phosphorsaurem Kalke (in Kohlensäure gelöst).	Chlorkalium.
2fach kohlensaurem Kalke.	salpetersaurem Kalk.
salpetersaurem Natron.	salpetersaurer Magnesia.
	schwefelsaurer Magnesia.

Zur Illustration dieser von Wolff gezogenen Schlüsse führe ich von seinen zahlreichen Versuchen hier folgende mit Bohnen an:

- A. bedeutet den Salzgehalt der angewendeten Lösung in 100 Ccm.
 B. bedeutet die Wassermenge in Ccm., welche von der Pflanzenwurzel während der Dauer des Versuches aufgenommen wurde.
 C. bedeutet die mit dem in B angegebenen Wasser-Quantum aufgenommene Salzmenge in Grammes.
 D. bedeutet die Blattoberfläche in Quadratcentimetern.
 E. bedeutet die von den Wurzeln aufgesogene Lösung procentisch, berechnet aus B und C.
 F. bedeutet das Verhältniß der rückständigen Flüssigkeits-Concentration zu der aufgesogenen in Procenten.
 G. bedeutet die Concentrationen des Pflanzensaftes, berechnet aus dem Gesamtwassergehalt der Pflanze und der aus der Lösung in die Pflanze getretenen Salzmenge.

	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.
Salpetersaures Kali.	0,2500	46	0,080	140,0	0,174	0,347 : 0,174	1,00
	0,1000	62	0,068	197,6	0,109	0,100 : 0,109	0,85
	0,0750	59	0,064	180,0	0,107	0,030 : 0,107	0,80
	0,0500	36	0,041	120,3	0,114	0,015 : 0,114	0,51
	0,0250	78	0,024	230,5	0,031	0,006 : 0,031	0,30
Phosphorsaures Kali.	0,2500	50	0,089	—	0,179	0,356 : 0,179	1,12
	0,1000	49	0,038	—	0,077	0,134 : 0,077	0,48
	0,0500	55	0,032	—	0,058	0,045 : 0,058	0,40
	0,0250	57	0,019	—	0,033	0,016 : 0,033	0,23
Chlorkalium	0,0500	48	0,015	—	0,031	0,074 : 0,031	0,19
	0,0250	53	0,013	—	0,024	0,028 : 0,024	0,16
Salmiak	0,0500	74	0,030	—	0,040	0,095 : 0,040	0,37
	0,0250	40	0,011	—	0,025	0,025 : 0,025	0,13

Weitere Versuche waren mit salpetersaurem Natron, salpetersaurem Ammoniak, salpetersaurem Kalk, salpetersaurer Magnesia, schwefelsaurem Kali, schwefelsaurem Natron, schwefelsaurem Ammoniak, schwefelsaurem Kalk, phosphorsaurem Ammoniak und saurem kohlen-sauren Kalk ange-stellt; von jedem Salze enthielten die Lösungen in 100 Ccm: 0,500, 0,250, 0,100, 0,075, 0,050, und 0,025. Grm. wasserfreies Salz; viele Salze wurden aber in den concentrirteren Lösungen, wie auch die angeführten Beispiele zeigen, nicht vertragen; sie wirkten auf die Wurzelzellen zerstörend ein.

In der folgenden Tabelle bezeichnet A diejenigen Salzmengen in Grm., welche von jedem Salze zu Anfang des Versuchs in 200 Ccm. der gegebenen Flüssigkeit vorhanden waren; B und C die Salzmengen, welche mit der Hälfte der gegebenen Lösung (100 Ccm.) von der Pflanze aufgenommen wurden, D und E diejenigen Salzmengen, welche von jedem Salze in die Pflanzen gegangen sind, wenn die zu Anfang des Versuchs vorhanden ge-wesenen Salzmengen = 100 gesetzt werden.

A.	B.	C.	D.	E.	
Salpetersaur. Kali: (KO, NO^5)	Salpetersaures Natron: (NaO, NO^5)	KO, NO^5	NaO, NO^5	KO, NO^5	NaO, NO^5
0,2500	0,2500	0,174	0,093	69	37
0,1000	0,1000	0,085	0,021	85	21
0,0500	0,0500	0,043	0,012	86	24
0,0250	0,0250	0,021	0,019	84	76
0,0125	0,0125	0,011	0,009	91	75
Salpetersaures Kali: (KO, NO^5)	Gyps: (CaO, SO^3)	KO, NO^5	CaO, SO^3	KO, NO^5	CaO, SO^3
0,2500	0,2240	0,155	0,014	61	6
0,1000	0,1120	0,078	0,030	78	24
0,0500	0,0560	0,041	0,018	82	34
0,0250	0,0280	0,021	0,012	84	46
Phosphorsaur. Kali: (KO, PO^5)	Schwefelsaures Kali: (KO, SO^3)	KO, PO^5	KO, SO^3	KO, PO^5	KO, SO^3
0,0500	0,0500	0,036	0,014	72	28
0,0250	0,0250	0,019	0,009	76	36
dito: Salpetersaur. Kali: (KO, NO^5)		KO, PO^5	KO, NO^5	KO, PO^5	KO, NO^5
0,1000	0,1000	0,039	0,087	39	87
0,0500	0,0500	0,042	0,047	84	92
0,0250	0,0250	0,022	6,015	88	60
Salpetersaures Ammoniak: ($\text{NH}^4\text{O}, \text{NO}^5$)	Chlorkalium: (KCl)	$\text{NH}^4\text{O}, \text{NO}^5$	KCl .	$\text{NH}^4\text{O}, \text{NO}^5$	KCl .
0,0491	0,0500	0,029	0,019	58	38
0,0495	0,0500	0,020	0,012	80	48

Weitere ähnliche Versuche wurden mit allen vorher benannten Salzen in der durch die angeführten Beispiele bezeichneten Art mit ähnlichen Re-sultaten gemacht.

Die folgenden Angaben mögen das Verhalten der mit Salzen beladenen Pflanzen gegen destillirtes Wasser zeigen. A. bezeichnet, in welchen Lösungsgemischen die Pflanzen vegetirten und welche Salzengen in Grm. daraus von den Pflanzen mit der Hälfte der Lösung aufgenommen; B. enthält die Mengen der an das destillirte Wasser abgegebenen Mineralstoffe in Grm., nachdem die Pflanzen die Hälfte des destillirten Wassers durch ihre Wurzeln aufgenommen hatten, C. giebt die Versuchszeitdauer in Tagen an.

A.	B.	C.
Salpetersaures Kali + salpetersaurem Natron 0,174 0,093	0,0005	16
Salpetersaures Ammoniak + salpeters. Kalkerde 0,048 0,046	0,001	22
Schwefelsaure Kalkerde + schwefelsaurem Kali 0,008 0,034	0,0005	15
Phosphorsaures Kali + salpetersaurem Kali 0,039 0,087	0,0005	13

Ähnliche zahlreiche Versuche wurden mit Maispflanzen angestellt.

Diese angeführten Thatsachen beweisen hinlänglich den oben gethanenen Satz, daß die Pflanzen die in der Bodenlösung vorhandenen Stoffe nicht in demselben Verhältnisse verbrauchen, in dem sie in derselben vorhanden sind und lernen uns fernerhin für das Pflanzenleben äußerst lehrreiche Gesetze kennen.

Dasselbe haben die früher näher beschriebenen Versuche über Erziehung von Landpflanzen in wässerigen Lösungen ergeben.

§ 92.

7. Erklärung der Aufnahme der Nährstoffe nach den endosmotischen Gesetzen.

α. Abhängigkeit der Aufnahme von dem Verbrauch der Stoffe durch die Pflanze.

Es entsteht nun die Frage, wie ist die oben ausgesprochene Thatsache zu erklären, wenn die Pflanze nach den endosmotischen Gesetzen die ihr dargebotenen Nährstoffe ohne Wahl aufnimmt? Bei der Annahme, daß die Pflanzen ein Wahlvermögen besitzen, ist dies natürlich leicht. — Ich bemerke hier noch, daß G o r u p - B e s a n e z die oben von ihm mitgetheilten Untersuchungen als einen Beweis für das Wahlvermögen der Pflanze hält. — Wir haben oben gesehen, daß zunächst die äußeren Zellen endosmotisch die Nährstoffe aus dem sie umgebenden Medium aufnehmen und

daß die aufgenommenen Stoffe dann auf demselben Wege in der Pflanze weiter wandern. Die Pflanze gebraucht die von den äußern Zellen aufgenommenen Nährstoffe in ihren einzelnen Organen nicht in demselben Verhältnisse, in dem sie absorbiert werden; es werden somit in den einzelnen Theilen der Pflanze von den Nährstoffen verschiedene Mengen verbraucht, hierdurch wird in den Zellen das Gleichgewicht der in ihnen befindlichen Stoffe gestört und in Folge dessen treten die Stoffe, welche verbraucht sind, wieder nach und zwar auf endosmotischem Wege.

Die Aufnahme eines Nährstoffes ist somit von dem Verbrauch desselben durch die Pflanze abhängig, daher nehmen die Wurzeln aus dem Bodenwasser vor allem diejenigen Stoffe auf, welche das durch die Vegetation gestörte Gleichgewicht im Zellsafte wiederherstellen. Der Verbrauch von Nährstoffen durch die Pflanze ist der Hauptfactor, durch welchen die Aufnahme derselben aus dem Boden bedingt wird; mit diesem Hauptfactor influiren noch Nebenfactors mit auf die Aufnahme: es sind dies all die Ursachen, welche auf eine Veränderung der Mengenverhältnisse der einzelnen Stoffe im Zellsafte influiren. Die Veränderung der Concentration und der Mengenverhältnisse des Zellsaftes wird außer durch den Verbrauch von Stoffen durch die Pflanze, durch die Verdunstung von Wasser durch die Blätter und durch Ablagerung von Stoffen in den Zellen veranlaßt.

β. Abhängigkeit der Aufnahme von der Verdunstung.

Die Verdunstung von Wasser durch die Blätter, welche, wie wir oben gesehen haben, nicht allein von den Ursachen abhängt, welche die Verdunstung von Wasser von einer Wasserfläche veranlassen, ist einer der Hauptfactors, welche die Concentration des Zellsaftes bedingen und somit einer der Factors, welche die Aufnahme der Nährstoffe aus dem Boden veranlassen. Wenn Schumacher die Aufnahme der gelösten Stoffe durch die Wurzeln allein von der Diffusion und nicht von der Verdunstung des Wassers durch die Blätter herleitet, so bewegt er sich sicherlich in einem Widerspruch; denn die Diffusion bedingt die Aufnahme von gelösten Stoffen durch die Wurzeln; sie selbst aber wird durch Veränderungen im Zellsafte hervorgerufen und einer der Factors, welche hierbei thätig sind, ist die Verdunstung. Die Verdunstung durch die Blätter hat aber nicht nur mittelbar, sondern auch unmittelbar, Aufnahme von gelösten Stoffen aus dem Boden zur Folge. Schumacher bestreitet zwar die unmittelbare Wirkung

der Verdunstung auf die Aufnahme und leitet dies aus theoretischen Deductionen her, welche auf den Gesetzen der Diffusion für todte Membranen fußen und bringt auch ein Experiment, welches zum Beweise seiner Behauptung dienen soll, nichts destoweniger aber kann ich seine Ansicht nicht für die richtige halten. Zunächst stehen dem einen Versuche von Schumacher die vielen Versuche von W. Wolff durchaus entgegen und dann lassen sich die Gesetze, welche für die Diffusion mit todten Membranen erhalten sind, nicht in ihrer vollen Schärfe für die lebende Membran anwenden. Wir haben vorher die so äußerst zahlreichen Versuche von W. Wolff besprochen; diese Versuche zeigen unzweifelhaft, daß der Eintritt von Salzen in die Wurzeln nicht allein nach den Gesetzen der Diffusion erfolgt. Aus den Versuchen führe ich hier ein Beispiel an:

Eine Bohnenpflanze, welche in der 0,05 procentigen Salpeterlösung mit der Hälfte der aufgenommenen Lösung 0,041 Grm. Salpeter eingefogen hatte, wobei die Lösung um die Wurzel bei Beendigung des Versuches nur eine 0,019 procentige Concentration hatte, wog frisch 8,8 Grm. und enthielt nahezu 8 Grm. Wasser; es hat daher ein Verbrauch von Salz, zur Bildung organischer Masse nicht stattgefunden, denn die bei 100° C. getrocknete Pflanze wog unbeträchtlich mehr als ein im Durchschnitt getrockneter Same.

Schumacher's Versuch war folgender: Er brachte ein Exemplar von *Scrophularia aquatica* in eine $\frac{1}{10}$ procentige Lösung von schwefelsaurem Kali, von der 100 Ccm. 0,0992 Grm. Salz enthielten. Sobald 40—50 Ccm. Wasser durch die Pflanze verdunstet waren, wurden diese der Lösung wieder zugefetzt; in 10 Tagen verdunsteten 636 Ccm. Wasser. Darauf wurde die Pflanze in eine neue $\frac{1}{10}$ procentige Lösung von schwefelsaurem Kali gesetzt, und wie vorher verfahren; in 15 Tagen verdunstete die Pflanze 722 Ccm. Wasser. Die äußere Lösung, welche am Anfang des Versuches in 100 Ccm. 0,0992 Grm. Salz hatte, erhielt jetzt in 100 Ccm. 0,1003 also 0,0011 Grm. mehr, dies mehr glaubt Schumacher als Bestimmungsfehler ansehen zu können und schließt nun, daß die Pflanze, trotzdem sie durch ihre Blätter 722 Ccm. Wasser verdunstet, aus der Lösung kein Salz mehr aufgenommen hat. Eine Untersuchung der ersten Lösung am Schlusse des ersten Versuches hat nicht stattgefunden.

Sollte die Verdunstung von Wasser durch die Blätter in keiner Weise unmittelbar auf die Aufnahme von gelösten Stoffen durch die Wurzeln influiren, so würde diese so mächtige Thätigkeit der Pflanze für ihre Ernährung ganz gleichgiltig sein, was aber sicherlich nicht angenommen werden kann. Man muß daher die Verdunstung von Wasser durch die Blätter als unmittelbaren Factor der Aufnahme betrachten.

γ. Ablagerung von festen Stoffen im Zellsaft.

Was die Ablagerung von Stoffen in den Zellen anbetrifft, so beweisen dies die Versuche von W. Wolff auf das entschiedenste,

wie dies z. B. der oben auf voriger Seite angeführte darthut. Derartige in Wurzeln und Blättern aufgespeicherte Stoffe treten dann theilweise in einer neuen Vegetationsperiode, so weit sie nämlich beweglich sind, zur Bildung neuer Organe in einen neuen Kreislauf; ich sagte aber theilweise, weil auch Anhäufungen von Stoffen in Zellen vorkommen, welche nicht weiter von der Pflanze benutzt werden können, wie dies z. B. die bedeutenden Ablagerungen von kohlensaurem Kalk bei den Chara-Arten, deren Trockensubstanz oft zur Hälfte und noch mehr aus diesem Salze besteht, darthun. Die von Wolff beobachtete Aufspeicherung von Stoffen in Zellen, welche später von der Pflanze weiter benutzt werden, zeigen uns auch die jetzt schon recht zahlreichen Analysen von Pflanzen in den einzelnen Stadien der Entwicklung, welche wir später besprechen werden.

Welchen Einfluß die Beschaffenheit der Wurzelmembran auf die Aufnahme hat, ist bis jetzt noch nicht zu bestimmen; daß die Membran einen Einfluß ausüben kann, zeigen die Schumacher'schen Versuche, indem sie darthun, daß durch dieselbe um so weniger in derselben Zeit durchgeht, je dickwandiger dieselbe ist. Einen sehr wesentlichen Einfluß bei der Aufnahme, glaube ich, können wir der Membran aber nicht zuschreiben; wäre dies der Fall, so würden wir dadurch zu der früheren Ansicht, daß die Pflanze ein Wahlvermögen besitzt, zurückkehren müssen, denn ich wüßte nicht, wie sich dies anders zeigen sollte, als durch ein verschiedenes Verhalten der einzelnen Membranen gegen die einzelnen Nährstofflösungen. Daß wir aber den Pflanzen ein besonderes Wahlvermögen nicht zuschreiben können, glaube ich durch die frühere Besprechung dargethan zu haben. Soweit bis jetzt bekannt, zeigen die einzelnen Membranen sowohl unter dem Mikroskop, sowie chemisch keine Verschiedenheit.

§ 93.

Kurze Wiederholung.

1. Die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze erfolgt nach den von Fischer und Dutrochet entdeckten Gesetzen der Endosmose.

2. Ein Wahlvermögen besitzen die Pflanzen nicht, sondern sie müssen aufnehmen, was ihnen in Lösung geboten wird, wie

dies die Versuche, bei denen den Pflanzen Stoffe, welche ihrem Organismus feindlich sind, geboten und diese aufgenommen worden, darthun.

3. Die Aufnahme erfolgt nur durch die feinen Wurzelfasern, welche aus 4 Theilen bestehen, von denen wahrscheinlich nur die 3 obersten, welche mit feinen Härchen besetzt, zu dieser Function bestimmt sind.

4. Die verschiedenen Pflanzen gebrauchen die einzelnen Nährstoffe in verschiedenen Mengen und nicht in dem Verhältnisse, in welchem sie in dem Medium, in dem sie vegetiren, enthalten sind. Letzteres beweisen:

a. Die Versuche von *Saussure*, bei welchen zweien Pflanzen eine Anzahl von Salzen in wässerigen Lösungen geboten waren und aus denen sich ergab, daß dieselben die Salze nicht in dem Verhältnisse, in dem sie ihnen geboten waren, aufgenommen hatten. Diese Arbeiten von *Saussure* wurden dann von *W. Wolf* wieder aufgenommen und durch zahlreiche Versuche bestätigt und vervollständigt.

b. Die Versuche von *Gorup-Besanez*, welcher Wasserpflanzen und das Wasser, in dem sie gewachsen waren, untersuchen ließ und darthat, daß die Pflanzen die einzelnen Nährstoffe in ganz anderem Verhältnisse als das Wasser enthielten.

5. Die von den Wurzelspitzen auf endosmotischem Wege aufgenommenen Nährstoffe der Pflanzen wandern in derselben Weise weiter.

6. Die Menge, welche von den einzelnen Nährstoffen aufgenommen wird, hängt in erster Reihe von dem Bedürfnisse der Pflanze, also von dem Verbrauch derselben durch diese ab; dann influiren darauf ferner noch einige Nebenfactoren wie

a. die Verdunstung und

b. die Ablagerung von festen Stoffen in dem Zellsaft der Pflanzen und zwar insoweit, als sie eine Veränderung der Concentration und der Mengenverhältnisse im Zellensaft bedingen und dadurch die Endosmose von Neuem mit anregen.

Kapitel III.

Das Absorptions-Vermögen.

§ 94.

Unter Absorptions-Vermögen des Bodens verstehen wir diejenige Eigenschaft desselben, vermittelt welcher er im Stande ist, die wichtigsten Pflanzennährstoffe, welche in löslicher Form zu demselben gebracht werden, festzuhalten und nicht durchzulassen.

Auf diese so wichtige Eigenschaft des Bodens machte zuerst G a z z e r i (1819) aufmerksam, indem er die Erscheinung betonte, daß Mistwasser durch Thon entfärbt werde und dann wörtlich hinzufügt:

„Die Erde und besonders der Thon, bemächtigt sich der dem Erdreiche anvertrauten auflöselichen Stoffe und hält sie zurück, um sie den Pflanzen nach und nach, ihrem Bedürfnisse angemessen, mitzutheilen.“

Nach G a z z e r i behandelte ein zweiter Italiener L a m b r u s c h i n i die absorbirenden Eigenschaften des Bodens, ohne sich jedoch für den Entdecker auszugeben. Er sagt darüber wörtlich: „Wir können eine specielle Verwandtschaft und eine Verbindung sui generis zwischen den Nahrungssäften der Pflanzen und den Bestandtheilen des wohl hergerichteten Bodens gar wohl erkennen, eine Verbindung, welche einmal nicht so schwach ist, um einen leichten Verlust der Nahrungssäfte oder ein zu starkes Auffaugen derselben von Seiten der Pflanzen zu gestatten, und zum andern auch nicht so stark, um nicht mehr und mehr von der immer zunehmenden Wirkung der Lebenskraft der Vegetabilien überwunden zu werden; um diese Verbindung mit einem besonderen Namen zu bezeichnen, möchte ich sie Incorporation (incorporamento) nennen.“

Ebenfalls als Entdecker des Absorptions-Vermögens des Bodens ist ferner B r o n n e r zu bezeichnen, welcher beobachtete, daß Mistjauche und Salze von der Dammerde absorbirt werden und welcher diese Entdeckung in seinem Buche: der Weinbau in Süddeutschland, Heidelberg 1836, bekannt machte.

Darauf wurde im Jahre 1850 von H u r t a b l e und T h o m p s o n, sicherlich ohne Kenntniß der Arbeiten der Italiener und der B r o n n e r'schen von Neuem auf diese Eigenschaft des Bodens aufmerksam gemacht, ja man kann wohl besser sagen, dieselbe von Neuem entdeckt, da auch erst in Deutschland 1863 durch F. M o h r die Beobachtung B r o n n e r's und die von G a z z e r i und L a m b r u s c h i n i 1873 von U. D r t h und F. S e s t i n i bekannt geworden sind. Daß aber auch B r o n n e r die Grundzüge der Lehre der Absorptionsfähigkeit richtig erkannt hat, geht aus folgender Stelle seines Buches hervor: Er sagt nämlich § 73, nachdem er einige Versuche angeführt hat: „Diese wenigen Beispiele beweisen hinreichend, welche Fähigkeiten die Erden, selbst Sand und Sandsteine besitzen, die extractiven Theile auszu ziehen und völlig aufzunehmen, ohne sie wieder durch das nachrückende Wasser loszulassen;

selbst die auflösblichen Salze werden aufgenommen und nur ein geringer Theil durch nachrückendes Wasser wieder abgespült."

Huxtable erkannte diese Eigenschaft der Ackerkrume dadurch, daß er Mistjauche durch Erde filtrirte und fand, daß dieselbe nach der Berührung ihre Farbe, sowie ihren Geruch verloren hatte. Thompson anderseits brachte Ammoniak und Ammoniaksalze mit Erde in Berührung, wobei es sich zeigte, daß die Erde sowohl das freie Ammoniak, als auch das Ammoniak aus den Ammoniaksalzen zu fixiren im Stande war.

Nachdem so durch Huxtable und Thompson auf diese so wichtige Eigenschaft der Ackererde aufmerksam gemacht worden war, sind dann im Laufe der Jahre, vor Allem noch durch v. Liebig angeregt, eine große Anzahl von Versuchen über das Absorptions-Vermögen des Bodens gemacht worden. Im Folgenden stelle ich dieselben in der Art zusammen, daß ich im ersten Theile das Absorptions-Vermögen des Bodens für die einzelnen wichtigsten Pflanzennährstoffe feststelle, im zweiten untersuche, wie sich die absorbirten Stoffe gegen die lösende Kraft des Wassers u. s. w. verhalten und im dritten die Frage zu beantworten versuche, wie die Absorption geschieht.

1. Absorptions-Vermögen des Bodens.

1. Für Ammoniak.

Thomas Way war der erste, welcher eine größere Anzahl von Versuchen, qualitativ und quantitativ, anstellte, um das Absorptions-Vermögen des Bodens für Ammoniak kennen zu lernen. Er operirte hierbei mit verschiedenen Bodenarten, welche er mit Ammoniak in wässriger Lösung, sowie mit Lösungen von Salmiak zusammenbrachte. Von den Bodenarten, mit welchen Way operirte, nennt er den einen Redsoil, den andern White clay, außerdem wandte er noch Pfeifenthon an; diese Bodenarten kamen entweder für sich allein, oder zusammen mit kohlensaurem Kalk, oder nachdem sie mit Säuren ausgezogen waren, also daß in Säuren Lösliche verloren hatten, mit den betreffenden Lösungen in Berührung. Die Zusammensetzung der beiden Erden ist nach Way folgende:

	Redsoil	White clay
Wasser	20,56	6,15
Organ. Substanz	6,17	—
Eisenoxyd	7,90	2,11
Thonerde		12,15
Kohlensaure Kalkerde	5,94	—
Kalkerde	—	0,27
Magnesia	—	0,22
Kali	0,31	0,86
Natron	9,12	1,41
In Säure Unlösliches (Sand und Thon)	59,00	58,03
Kieselsäure	—	18,73
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,50

Die 58,03 pCt. Unlösliches des White clay bestanden aus:

Kieselsäure	42,28
Thonerde	11,45
Eisenoxyd	3,53
Kalk	0,55
Magnesia	0,22

58,03

Die Resultate der Versuche habe ich auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1.

Benennung des Bodens.	Menge des selben Grs.*)	Stärke der be- treffen- den Am- moniak- lösung in 100 Thei- len. Grs.	Menge der selben. Grs.	Form der selben.	Dauer der Berüh- rung. St.	Die ganze Menge des Bo- dens absor- birte Am- moniak. Grs.	100 Grs. Boden absorbirten Ammoniak. Grs.
Hurttable's Boden (White clay)	760	0,3173	1787	als Am- moniak in Lösung.	2	2,3239	0,3083
do.	456	do.	4082	do.	2	1,7879	0,3921
do.	594	do.	3988	do.	2	2,0817	0,3504
do.	594	do.	3988	do.	1/2	2,0418	0,3438
do.	594	0,3060	3988	als Sal- miak in Lösung.	2	2,0660	0,3478**)
Pfeifenthon	400	do.	4000	do.	2	1,1388	0,2847
do. u. kohlenf. Kalkerde (CaOCO ₂)	400 Gr. Boden 50 Gr. CaOCO ₂	do.	4000	do.	2	1,1280	0,2820
do.	1000	do.	4000	do.	2	2,078	0,2078
do.	2000	do.	4000	do.	2	4,02	0,201
do., 2 St. lang im heffischen Ziegel ge- brannt.	2000	0,3173	4000	als Am- moniak in Lösung.	2	2,44	0,122
do. u. kohlenf. Kalkerde	2000 Boden 200 CaOCO ₂	0,3060	4000	als Sal- miak in Lösung.	4	0,72	0,036

*) 7680 Grains = 1 engl. Pfund.

***) Das Chlor im Filtrat.

Benennung des Bodens.	Menge des= selben. Grß.	Stärke der be= treffen= den Am= mo= niak= lösung in 100 Thei= len Grß.	Menge der= selben. Grß.	Form der= selben.	Dauer der Berüh= rung. St.	Die ganze Menge des Bo= dens abfor= birte Am= mo= niak. Grß.	100 Grß. Boden abforbirten Ammo= niak. Grß.
Pfeifenthon ohne Kalk	2000	0,3173	4000	als Am= moniak in Lösung.	2	0,1004	0,0502
Pusey's Boden (red soil)	2000	do.	4000	do.	2	3,140	0,1570
do.	2000	0,306	4000	als Sal= miak in Lösung.	2	3,932	0,1966
Hurttable's Boden	2000	0,306	4000	als Sal= miak in Lösung.	2	4,732	0,2366
do. mit Salz= säure ausge= zogen	2000	0,306	4000	do.	2	2,496	0,1248
do. do. u. kohlenf. Kalk= erde	2000 Boden 200 CaO CO ₂	0,306	4000	do.	2	3,656	0,1828
Ein Unter= grund-Boden aus Cornwall	2000	0,306	4000	do.	24	1,636	0,0818*)

*) Durch Eisenoxyd roth gefärbt.

Nach W a y stellte B r u s t l e i n Versuche über das Absorptions-Vermögen der Ackererde für Ammoniak an.

B r u s t l e i n arbeitete hierbei mit einem Thon, der reich an kohlensaurer Kalkerde war (Erde von Bechelbronn), mit einem fruchtbaren Lehmboden, ebenfalls reich an kohlensaurer Kalkerde (Erde von Mittelhausbergen) und einer Gartenerde von Viehfrauenberg, reich an quarzhaltigem Sande und organischen Bestandtheilen. Diese Erden prüfte er in ihrem Verhalten gegen Ammoniak in wässriger Lösung, gegen Lösungen von Salmiak und gegen gasförmiges Ammoniak. Das Verfahren hierbei war folgendes: 50 Grm.

Erde wurden mit 100 Ccm.*) der betreffenden Lösung in einer Flasche zusammengebracht, diese schnell verschlossen, und dann wurden, nachdem die Erde sich zu Boden gesetzt hatte, mit einer Pipette 50 Ccm. Flüssigkeit abgenommen und auf Ammoniak geprüft. Die Resultate seiner Versuche sind auf folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 2.

Benennung der Erde.	Ammoniak in 100 Ccm. der Lösung. Grm.	Ammoniak von 50 Grm. Erde absorbirt. Grm.
Erde von Bechelbronn	0,355	0,056
do.	0,117	0,032
do.	0,029	0,014
Erde von Liebfrauenberg	0,355	0,035
do.	0,117	0,026
do.	0,059	0,019
do.	0,029	0,011
Erde von Mittelhausbergen	0,355	0,024
do.	0,117	0,017
do.	0,029	0,008

Darauf stellte Brustlein einige Versuche an, durch welche er bestimmen wollte, welchen Einfluß die Zeit der Berührung auf die Absorption ausübe. Folgendes waren die Resultate:

Tabelle 3.

Benennung der Erden.	Ammoniak in 100 Theilen d. Lösung Grm.	Ammoniak von 50 Grm. Erde in 4 St. absorbirt. Grm.	Ammoniak von 50 Grm. Erde in 24 St. absorbirt. Grm.
Erde von Bechelbronn	0,355	0,048	0,059
Dieselbe	0,117	0,030	0,035
Erde von Liebfrauenberg	0,117	0,024	0,029
Erde von Mittelhausbergen	0,117	0,015	0,018

*) Ccm. = Kubikcentimeter; 1000 Ccm. = 1 Liter.

Nachdem so das Verhalten von Ammoniak in wässriger Lösung gegen die genannten Erden festgestellt war, prüfte Brustlein dieselben in ihrem Verhalten gegen Salmiaklösungen und erhielt hierbei folgende Resultate:

Tabelle 4.

Benennung der Erden.	Ammoniak in 100 Ccm. der Lösung. Grm.	Ammoniak von 50 Grm. Boden absorbirt. Grm.
Erde von Bechelbronn .	0,379	0,090
Dieselbe	0,038	0,020
Erde von Liebfrauenberg .	0,379	0,043
Dieselbe	0,038	0,010
Erde von Mittelhausbergen	0,379	0,055
Dieselbe	0,038	0,018

Bei den Versuchen, durch welche die Absorption von gasförmigem Ammoniak nachgewiesen werden sollte, operirte Brustlein in der Art, daß er trockene oder feuchte Erde einer ammoniakhaltigen Atmosphäre aussetzte, oder eine mit Ammoniak geschwängerte feuchte Luft über die Erde streichen ließ (im letzteren Falle war die Luft durch 50 Ccm. der Ammoniaklösung gegangen). Die Resultate dieser Versuche sind folgende:

Tabelle 5.

Menge der Erde. Grm.	Beschaffenheit derselben.	Ammoniak in der Luft unter der Glocke, welche 3 Liter faßte. Grm.	Dauer der Berührung.	Menge des absorbirten Ammoniak. Grm.	Bemerkungen.
50	angefeucht.	0,453	3 Tage	0,206	Die Erde einer ammoniakhaltigen Atmosphäre ausgesetzt.
50	trocken	0,453	3 do.	0,142	
50	?	0,0094	3 do.	0,0081	
50	—	0,364	—	0,096	Ein ammoniakhaltiger feuchter Luftstrom passirte die Erde.
50	—	0,0414	—	0,0391	
400	—	750 Ccm. mit einem Ammoniakgehalte von 3,547.	—	0,6276	

Von Brustlein ist ferner noch eine sehr interessante Versuchreihe über die Frage angestellt worden, ob das Ammoniak als solches vom Boden absorbiert werde, oder ob es theilweise oder ganz eine chemische Veränderung erleide. Zur Beantwortung dieser Frage ließ Brustlein die Bodenarten Ammoniak absorbiren und untersuchte dieselben dann auf ihren Ammoniakgehalt. Hierbei erhielt Brustlein folgende Zahlen:

Tabelle 6.

Bezeichnung der Erden:	Ammoniak ein- geführt: Grm.	Ammoniak wiedergefunden: Grm.	Differenz:
Erde von Bechelbronn	0,355	0,354	0,001
do.	0,117	0,117	0,000
Erde von Viehfrauenberg	0,178	0,176	0,002
Erde von Mittelhaus- bergen	0,355	0,353	0,002
Dieselbe	0,117	0,115	0,002
Humuserde	0,352	0,321	0,031
Dieselbe	0,176	0,155	0,021
Torf	0,364	0,339	0,025
Erde von Bechelbronn	0,379	0,380	0,001
	als Salmiak zur Erde gebracht.		

Ueber die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für Ammoniak ist ferner von Stohmann und Henneberg eine sehr interessante Arbeit geliefert worden. Diese Forscher prüften das Verhalten verschiedener Ammoniaksalze zu ein und derselben Erde und bestimmten hierbei zunächst die Abhängigkeit der Absorption von der Concentration der Lösung, von der Zeit der Berührung und von der Masse der Lösung.

Zu ihren Versuchen diente ein auf Süßwasserkalk lagernder Kalkboden mit Beimischung von sehr fein vertheiltem Sande und wenig Thon. Bei den Versuchen wurde eine gewogene Quantität Erde in einem durch einen eingeschlifften Glasstöpsel verschließbaren, ausgetrockneten Cylinder mit einem abgemessenen Volumen titrirter Flüssigkeit (von bekanntem Ammoniakgehalt) übergossen, tüchtig durchgeschüttelt und eine bestimmte Zeit unter öfter wiederholtem Umschütteln damit stehen gelassen; dann wurde unter den nöthigen Vorsichtsmaßregeln filtrirt und das Filtrat durch Kochen mit Natronlauge und Auffangen der übergehenden Dämpfe in titrirte Schwefelsäure auf Ammoniak untersucht. Die zu den Versuchen dienende Erde hatte folgende Zusammensetzung:

	Feuchtigkeit	2,36
	Organische Substanz und gebundenes Wasser	4,46
In Salpe- tersäure löslich.	{ Kohlenaurer Kalk	38,48
	{ Kohlenzure Magnesia	0,77
	{ Kieselsäure	0,82
	{ Phosphorsäure	0,35
	{ Eisenoxyd	0,42
	{ Thonerde . . .	0,57
In Schwe- felsäure löslich.	{ Kali und Natron	0,10
	{ Kieselsäure	4,99
	{ Thonerde . . .	2,68
	{ Eisenoxyd	1,46
	{ Kalk	0,14
	{ Sand	41,77
	<hr/>	99,37.
	Stickstoff	0,197.

Die Resultate der Versuche in Betreff der Abhängigkeit der Absorption von der Concentration der Lösung und der Zeitdauer der Einwirkung sind auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Anmerkung zur Tabelle pag. 299.

Die in der mit „Hbg.“ bezeichneten Spalte enthaltenen Zahlen sind von Henneberg und die mit „St.“ bezeichneten von Stohmann gefunden. —

Die Beobachter bemerken ferner, daß die in der Tabelle angeführten Zahlen alle mit einem kleinen Fehler behaftet sind, da die Erde an Wasser eine Spur Ammoniak abgab. 100 Grm. Erde geben nämlich an 200 Ccm. destillirtes Wasser 0,002 Ammoniak ab; folglich beträgt die von 100 Grm. Erde absorbirte Ammoniakmenge 0,002 Grm. mehr, als die Tabelle angiebt. — Bei den Versuchen mit Neganmoniak ist beim Filtriren durch Verdunstung etwas Ammoniak verloren gegangen, so daß, wie Kontrollversuche zeigten:

	bei der 0,05 Atom Neganmoniak erhaltenden Lösung	0,0054 Grm.,
	bei der 0,1 " " " "	0,0134 "
	und bei der 0,2 " " " "	0,0240 "
	weniger absorbirt sind. —	

Table 7. Ammoniak-Adsorption durch 100 Gm. Erde aus 200 Gm. Lösung in Gm. Ammoniak ausgedrückt.

	Dauer der Berührung. Stunden.	200 Gm. Lösung enthielten Ammoniak:			
		0,170 Gm. 0,05 Atom im Liter. Gbg. St.	0,340 Gm. 0,1 Atom im Liter. Gbg. St.	0,680 Gm. 0,2 Atom im Liter. Gbg. St.	1,700 Gm. 0,5 Atom im Liter. Gbg. St.
1. Reharnoniat	4	—	0,086	0,122	—
	24	—	0,080	0,174	—
	168	0,052	0,095	—	—
	Durchschnitt	0,058	0,095	0,149	—
	4	0,056	0,070	0,102	0,106
	24	0,058	—	0,102	0,112
	168	0,056	0,074	0,118	0,128
	Durchschnitt	0,0545	0,071	0,107	0,136
	4	—	0,083	—	0,118
	24	0,052	0,080	0,106	0,154
	168	—	—	0,105	—
	Durchschnitt	0,054	0,080	0,106	0,157
	4	—	—	—	?
	24	—	0,087	0,120	—
	168	—	0,086	0,120	—
	Durchschnitt	0,057	0,086	0,116	0,122
	24	—	0,089	0,118	—
	4	—	0,140	0,188	0,136
	24	—	0,144	0,202	0,136
	48	—	—	0,205	0,150
	Durchschnitt	0,055	0,141	0,206	0,144
			0,079	0,110	0,136
					0,162

Für die Abhängigkeit der Absorption von der Masse der Lösung erhielten Stohmann und Henneberg folgende Zahlen:

Tabelle 8.

	Zeitdauer der Berührung.	Menge der Flüssigkeit Ccm.	Menge des absoirten Ammoniak. Grm.
Salmiak . . .		200	0,112
$\frac{1}{5}$ Atom im Liter . . .	24 St.	400	0,134
Salpetersaures Ammoniak		200	0,083
$\frac{1}{10}$ Atom im Liter . . .	5 St.	400	1,100
Mischung von Salmiak und Ammmoniak	24 St.	200	0,118
Zusammen $\frac{1}{5}$ Atom im Liter		400	0,146

Außer dem Ammoniakgehalte des Filtrats wurde in demselben noch die Menge des gelösten Kalks, sowie die der gelösten Magnesia, ferner die Säure des zu den Absorptions-Versuchen angewendeten Ammoniaksalzes quantitativ bestimmt. In Betreff der Kalterde — die Menge der gelösten Magnesia war sehr gering — erhielten die Beobachter nach Abzug des durch 200 Ccm. reinen Wassers und des durch das betreffende Ammoniaksalz als kohlenfauren Kalk gelösten Kalkes folgende Zahlen:

Tabelle 9.

	100 Grm. absoirten Ammoniak. Grm.	200 Ccm. Filtrat erhalten:	
		kohlenfaurer Kalk. Grm.	dieser äquivalent mit Ammoniak Grm.
$\frac{1}{20}$ Salmiak, 7 Tage	0,056	0,154	0,052
$\frac{1}{5}$ " desgl.	0,107	0,267	0,091
$\frac{1}{5}$ " 24 Stund.	0,107	0,252	0,086
$\frac{1}{2}$ " "	0,120	0,330	0,112
$\frac{1}{10}$ schwefelsaures Am- moniak, 24 Stund. }	0,086	0,199	0,068

Diese Zahlen zeigen somit, daß die an Stelle des absoirten Ammoniak in Lösung getretene Menge Kalterde ziemlich letzterem äquivalent ist.

Für die mit dem Ammoniak in den Lösungen verbundenen elektro-negativen Bestandtheile, nämlich Schwefelsäure und Chlor, zeigte sich, daß diese im Filtrate vollständig vorhanden waren, ja sogar wurde noch ein geringer Ueberschuß, aus der Erde stammend, gefunden. In Betreff der Phosphorsäure verweise ich auf das Spätere.

Chemische Analyse.

	1.	2.		3.		4.	5.	6.
		Ufer- krume.	Unter- grund.	Ufer- krume.	Unter- grund.			
Wasser . . .	1,51	—	—	3,91	9,46	—	2,420	4,72
Organische Stoffe und gebundenes Wasser . . .	11,08	4,38	2,59	4,80	4,87	5,36	11,700	11,03
Eisenoxyd . .	14,25	3,15	7,16	7,85	17,38	5,70	11,860	9,98
Thonerde . .		2,15	5,39					6,08
Kohlensaurer Kalk . . .	10,82	(Kalk- 0,77)	erde 0,26)	2,08	1,02	0,25	1,240	12,10
Schwefelsau- rer Kalk . . .	0,71	—	—	0,15	0,13	—	0,306	0,75
Magnesia . .	0,51	0,13	1,22		0,92		—	
Kali (in sau- rer Lösung)	0,32	0,49	0,88	0,32	0,45	0,49	0,910	1,43 Chlor- natr.
Natron (do.)	0,05	0,13	0,28				0,112	
Phosphor- säure . . .	0,10	0,12	0,19	0,04	0,06	Spur	0,080	—
Unlösliche Silikate und Sand . . .	60,65	88,31	80,24	80,85	65,71	87,11	67,530	36,00
Schwefel- säure . . .	—	Spur	Spur	—	—	0,08	—	—
Chlor . . .	—	0,31	1,79	—	—	—	—	—
Lösliche Kie- felsäure . . .	—	—	—	—	—	1,01	4,090	17,93
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Das Verfahren Bödler's bei seiner ersten Versuchsreihe war folgendes: 3000 oder 3500 Grains des Bodens, wurden in einer Flasche mit 14,000 Grains der Ammoniaklösung, welche auf 1000 Grains 0,332 Grs. Ammoniak enthielt, übergossen, im Laufe des Tages mehrere Male gut umgeschüttelt und nach 3 Tagen, nachdem sich die Erde vollständig zu Boden gesetzt hatte, die klare Flüssigkeit abgenommen und untersucht. Diese Bodenarten, welche aus der genannten Ammoniaklösung eine gewisse Menge Ammoniak absorbirt hatten, brachte er dann mit einer stärkeren Ammoniaklösung, welche auf 1000 Grains 0,673 Grs. Ammoniak enthielt, in derselben Weise, wie vorher, zusammen. Zu bemerken ist, daß beim 2. Aufgießen in den Flaschen noch ein Theil von der schwächeren Ammoniaklösung war, so daß die zum 2. Male mit der Erde in Berührung gebrachte Lösung auf 1000 Grs. nicht 0,673 Grs. enthielt, sondern die Stärke derselben bei 1. 0,531, bei 2. 0,554, bei 3. 515, bei 4. 0,562 und bei 5. 546 Grs. Ammoniak auf 1000 Grs. Flüssigkeit war.

Die Resultate dieser Versuche sind folgende:

Tabelle 10.

Bezeichnung des Bodens.	Ammoniak= AbSORption aus der ersten Lösung.	Ammoniak= AbSORption aus der zweiten Lösung.	Ammoniak= AbSORption aus den beiden Lösungen.
Boden 1. 1000 Grs.	0,882	0,6373	1,5193
" 2. " "	0,804	0,7323	1,5363
" 3. " "	0,7543	0,3697	1,1240
" 4. " "	0,868	0,6540	1,5220
" 5. " "	0,576	0,9457	1,5217

Bei einer weiteren Versuchsreihe prüfte Bödker das Verhalten der Ackererde gegen Ammoniaklösungen von verschiedener Stärke.

Hierzu die Erde 6.; 1750 Grs. derselben wurden mit je 7000 Grs. der betreffenden Lösung zusammengebracht; das Verfahren, wie früher; Zeit der Berührung 4 Tage. Die Resultate dieser Versuche, auf 1000 Grs. Boden berechnet, zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 11.

	Stärke der Ammoniak= lösung in 1000 Grs. Grs.	AbSORbirte Ammoniak= menge. Grs.
1.	0,634	1,32
2.	0,304	0,64
3.	0,176	0,26
4.	0,088	0,10

Zu den Flaschen 2, 3 und 4 wurde darauf, nachdem die Flüssigkeit so gut wie möglich abgenommen war, eine stärkere Lösung gebracht. Die Stärke dieser Lösung im Verein mit dem, was von der ersten Lösung in den Flaschen zurückgeblieben war, betrug jetzt bei 2 (5) 0,5229, bei 3 (6) 0,304 und bei 4 (7) 0,176. Dieser Versuch ergab Folgendes:

Tabelle 12.

	1000 Grs. Boden abSOR= birten Ammoniak. Grs.	1000 Grs. Boden hatten bei dem 1. und 2. Versuche Ammoniak abSORbirt. Grs.
5.	1,047	1,687
6.	0,477	0,737
7.	0,274	0,374

Darauf prüfte Böcker das Verhalten der 5 Bodenarten gegen eine Salmiaklösung, von welcher 1000 Grs. 0,36 Grs. Ammoniak enthielten, und gegen eine Lösung von schwefelsaurem Ammoniak, welche in 1000 Grs. 0,288 Grs. Ammoniak hatte.

Bei jedem Versuche wurden 3500 Grs. Boden mit 14,000 Grs. Lösung zusammgebracht, 3 Tage in Berührung gelassen, dann die klare Flüssigkeit abgezogen und untersucht. Die Resultate dieser beiden Versuchsreihen enthält folgende Tabelle:

Tabelle 13.

	1000 Grs. Boden absorbirten aus der Lösung von Salmiak an Ammoniak. Grs.	1000 Grs. Boden absorbirten aus der Lösung von schwefelsaurem Ammoniak an Ammoniak. Grs.
Boden Nr. 1	0,68	0,608
" Nr. 2	0,76	0,640
" Nr. 3	0,80	0,576
" Nr. 4	0,16	0,256
" Nr. 5	0,64	0,448

Die Arbeiten von Knop sollen zum Theil bei der Salpetersäure, zum Theil, sowie die von Kautenberg, Warrington, A. Beyer, Bretschneider, Sestini, Laskowsky, Strehl, Frey und mir im 3. Theile angeführt werden.

v. Pochwiznew liegen keine Zahlenangaben, sondern nur ein Referat über seine Versuche von W. Knop vor.

§ 95.

2. Für Kali.

Die ersten Versuche über die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für Kali sind von Thomas Way angestellt.

Way prüfte hierbei das Verhalten von salpetersaurem Kali und Alkali gegen zwei verschiedene Bodenarten; der eine ist derselbe weiße Thon (Hurttable's Boden), dessen er sich bei den Versuchen über das Absorptions-Vermögen der Erden für Ammoniak bediente und der andere ein gelber Thonboden aus Cornwall. Die Erde kam entweder im natürlichen Zustande oder, nachdem sie mit Chlornwasserstoffsäure eine Stunde lang gekocht, darauf mit destillirtem Wasser ausgefüßt und in der Kälte getrocknet, mit der betreffenden Kalilösung in Berührung, oder wurde mit derselben eine bestimmte Zeit lang gekocht. Die Resultate dieser Versuche, sowie die näheren Angaben sind auf folgender Tabelle verzeichnet.

Tabelle 14.

Bezeichnung des Bodens.	Menge desselben.	Stärke der Lösung.	Menge derselben.	Form derselben.	Zeitdauer der Berührung.	Der ganze Boden abjorbirte.	100 Grs. desselben abjorbirten.	Bemerkungen.
	Grs.	%	Grs.					
Hurtable's Thonboden	2000	0,8460	4000	als salpetersaures Kali in der Lösung.	2	8,732	0,4366	in d. Kälte.
do.	2000	1,0029	4000	do.	24	9,960	0,4980	do.
do.	2000	1,0023	4000	als Meß-Kali in der Lösung.	12	21,00	1,050	do.
do.	2000	do.	4000	do.	1/2	23,432	1,1716	Erde und Lösung gekocht, das verdampfte Wasser ersetzt.
do., mit Salzsäure ausgezogen.	2000	do.	4000	do.	1/2	24,308	1,2154	do.
Gelber Thonboden aus Cornwall, mit Salzsäure ausgezogen.	500	do.	4000	do.	2	10,436	2,087	in d. Kälte, der Boden nach der Behandlung mit Salzsäure weiß.

Nach Way wurde von v. Liebig eine Reihe von Versuchen über das AbSORPTIONS-VERMÖGEN DES BODENS FÜR KALI angestellt.

Das Verfahren bei diesen Versuchen war folgendes: Es wurde ein Stechheber, welcher 300 Ccm. Wasser faßte, mit der Erde angefüllt und in der Regel das doppelte Volum von der Lösung der Kalisalze durchfiltrirt. Der Gehalt der Lösung an Kali war bekannt; der des Filtrats wurde quantitativ bestimmt. Bei den Versuchen mit schwefelsaurem Kali geschah die Bestimmung des Kali als Kaliumplatinchlorid; bei den mit kieselurem Kali aber dadurch, daß zu einer bestimmten Quantität Erde so lange von der Lösung des kieselurem Kali zugesetzt und darauf umgeschüttelt wurde, bis die Flüssigkeit eine schwache alkalische Reaktion zeigte, welche beim Stehen nicht wieder verschwand. Vorher war ermittelt worden, daß 100 Ccm. destillirtes Wasser eine schwache aber deutliche, alkalische Reaktion zeigten, wenn sie mit 4 Ccm. der Wasserglaslösung gemischt wurden. v. Liebig

operirte mit einer großen Zahl von Ackererden aus den verschiedensten Gegenden und der verschiedensten Zusammensetzung, darunter 3 an Thon reiche Ackererden aus Ungarn, 6 an Kalk reiche Bodenarten (Tabacksboden) aus Havanna, kalkhaltiger Lehm Boden von Weihenstephan und von Bogenhausen bei München und 3 Sorten Kalkboden aus der Umgebung Münchens und von Schleißheim. Die Resultate dieser Versuche zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 15.

Bezeichnung des Bodens.	1000 Ccm. Erde absorbirten:				Bemerkungen.
	Aus einer Lösung.	Menge derselben. Ccm.	Stärke derselben in 1000 Ccm. Grm.	An Kali. Grm.	
Lehm Boden von Bogenhausen.	von schwefel- saurem Kali.	1000	0,541	0,518	
Thonboden aus Ungarn	do.	1000	0,541	0,5344	32,2 pCt. kohlenfauren Kalk enthaltend.
Gartenerde aus München	do.	1000	0,541	0,525	
Walderde.	von kiesel- saurem Kali.	1000	1,166	0,951	
Gartenerde aus dem botani- Garten	do.	1000	1,166	1,055	
Lehm Boden von Bogenhausen.	do.	1000	1,166	1,148	
Ackererde aus Ungarn II.	do.	1000	1,166	1,152	
Gartenerde aus der Umgebung von München	do.	2025	1,183	2,344	32,2 pCt. kohlenfauren Kalk enthaltend.
Dieselbe Erde	do.	1940	1,183	2,294	
Lehm Boden von Weihenstephan	do.	2200	1,183	2,601	6,6 pCt. kohlenfauren Kalk enthaltend.
Lehm Boden von Bogenhausen.	do.	2000	1,183	2,366	

Bezeichnung des Bodens.	1000 Ccm. Erde absorbirten aus einer Lösung von kiesel- saurem Kali:			Bemerkungen.
	Menge derselben. Ccm.	Stärke derselben in 1000 Ccm.	An Kali. Grm.	
Lehmboden aus dem botanischen Garten	1906	1,183	2,206	3,77 pCt. kohlsau- ren Kalk enthaltend.
Thonboden aus Ungarn I.	2855	1,183	3,377	
do. II.	2785	1,183	3,294	
do. III.	2685	1,183	3,177	
Savanna-Erde I.	1526	1,183	1,805	Farbe grau.
do. II.	1058	1,183	1,251	— gelb.
do. III.	1916	1,183	2,266	Farbe roth; 57 pCt. kohlsaueren Kalk enthaltend.
do. IV.	1769	1,183	2,092	Farbe roth.
do. V.	1210	1,183	1,431	— grau.
do. VI.	1150	1,183	1,360	— gelb.

Bei den Versuchen mit Lösungen von salpetersaurem Kali und Chlorkalium wurde das Kali den Lösungen durch dieselben Mengen von Erde wie bei den Versuchen mit schwefelsaurem Kali so weit entzogen, daß der Rest quantitativ nicht bestimmbar war. Das Chlor des Chlorkaliums war vollständig im Filtrat; bei der Gartenerde, die in starker Düngung stand, war der Chlorgehalt des Filtrats sogar noch 0,4 pCt. vermehrt, entsprechend dem Kochsalzgehalte, welchen reines Wasser aus derselben aufgelöst.

Ferner ist von Peters eine ganz ausgezeichnete Arbeit über die Absorption des Kalis geliefert worden. Peters prüfte erstlich das Verhalten einer Erde gegen Kalihydrat und die verschiedenen Kalisalze und zwar bei gleicher und verschiedener Concentration der Lösung; zweitens bestimmte er die Verhältnisse bei der Absorption des Kalis aus Lösungen von Kalisalzen bei verschiedenen Mengen der auf eine bestimmte Erdmenge angewandten Absorptions-Flüssigkeit; er machte ferner Versuche, durch die der Einfluß der Zeitdauer auf die Absorption ermittelt wurde und endlich prüfte er noch das Verhalten derselben Lösung gegen verschiedene Erden.

Die Erde, welcher Peters sich bei dem größten Theile seiner Versuche bediente, war folgendermaßen zusammengesetzt:

	In Wasser löslich :	In Salzsäure löslich :	Gesamtgehalt der Erde :
Kalk . .	0,0116	0,3528	0,500
Magnesia	0,0024	0,0070	0,215
Kali .	0,0024	0,0636	0,245
Natron .	0,0017	0,0510	0,255
Thonerde	} 0,0031	?	9,580
Eisenoxyd		?	4,170
Kieselsäure	0,0062	?	81,700
Schwefelsäure.	0,0019	0,0240	?
Phosphorsäure	?	0,1024	0,110
Chlor	0,0038	?	?

Die lufttrockene Erde enthielt 6,85 pCt. bei 110° C. entweichendes Wasser, somit also 93,15 pCt. trockener Erde und in dieser 4,82 pCt. verbrennlicher Stoffe; der Stickstoffgehalt der Erde betrug 0,083 pCt.

Die mechanische Analyse ergab: 33,16 pCt. thoniger feinerdige Theile, 43,70 pCt. staubfeinen Sand und 23,14 pCt. gröberen Sand; wasserhaltende Kraft = 63 pCt.; Reaction: schwach sauer.

Das Verfahren, welches Peters bei seinen Versuchen befolgte, war folgendes: 100 Grm. der lufttrockenen Erde wurden in einer Flasche mit der Salzlösung — in der Regel 250 Ccm. — zusammengebracht, das Ganze einige Minuten lang geschüttelt und dann nach einer bestimmten Zeit — meistens 24 Stunden — mit einer Pipette ein Theil der über der Erde stehenden Flüssigkeit abgenommen, filtrirt und der Analyse unterworfen.

Die Salzlösungen, die zu den Versuchen dienten, waren so eingerichtet, daß sie einen geraden Bruchtheil des Kaliäquivalents (in Grammen ausgedrückt) im Liter Flüssigkeit enthielten. Es kamen bei den verschiedenen Lösungen folgende Kalimengen mit der Erde in Berührung:

bei $\frac{1}{80}$	Atom Salz im Liter	0,14722	Grm. Kali,
" $\frac{1}{40}$	" "	0,29444	"
" $\frac{1}{20}$	" "	0,588875	"
" $\frac{1}{10}$	" "	1,17775	"
" $\frac{1}{5}$	" "	2,3555	"

Was zunächst das Verhalten der Erde gegen die verschiedenen Kalisalze bei gleicher und verschiedener Concentration der Lösungen und gleicher Dauer der Berührung anbetrifft, so erhielt Peters folgende Zahlen.

Vorher bemerke ich noch, daß bei dieser Versuchsreihe 100 Grm. Erde mit 250 Ccm. der betreffenden Lösung 24 Stunden lang in Berührung waren und daß die von mir in der beifolgenden Tabelle angeführten Zahlen zum größten Theile Mittelzahlen aus je 2, 3 oder 4 Versuchen sind. Da ferner von Peters in dem Filtrate nicht nur das nicht absorbirte Kali, sondern außerdem die in Lösung übergegangene Kalkerde, Magnesia und das Natron bestimmt worden, so sind diese Körper in der Tabelle ebenfalls mit angeführt.

Tabelle 16.

Angewandte Kali-Verbindung.	Concentration der Abforptions-Flüssigkeit	In der Flüssigkeit waren gelöst:				Abforbirt waren also Kali.	Die betreffende Zahl ist der Durchschnitt von Versuchen.
		Kalk-erde.	Mag-nesia.	Kali.	Natron		
Chlorkalium	$\frac{1}{80}$ Atom im Liter	0,0598	0,0024	0,0484	0,0286	0,0988	4
do.	$\frac{1}{40}$ do.	0,0703	0,0038	0,1563	0,0378	0,1381	4
do.	$\frac{1}{20}$ do.	0,1134	0,0045	0,3898	0,0431	0,1990	4
do.	$\frac{1}{10}$ do.	0,1665	0,0048	0,8653	0,0546	0,3124	2
do.	$\frac{1}{5}$ do.	0,2326	0,0048	1,9052	0,0720?	0,4503	2
Schwefelsaures Kali	$\frac{1}{20}$ do.	0,1049	0,0040	0,3799	0,0426	0,2089	2
do.	$\frac{1}{10}$ do.	0,1510	0,0048	0,8415	0,0670	0,3362	1
Salpetersaures Kali	$\frac{1}{20}$ do.	0,1292	0,0049	0,3372	0,0757	0,2516	2
Doppelt kohlen-saures Kali	$\frac{1}{20}$ do.	0,0589	0,0038	0,3096	0,0471	0,2792	3
do.	$\frac{1}{10}$ do.	0,0340	0,0032	0,7073	0,0690	0,4705	1
Einfach kohlen-saures Kali	$\frac{1}{20}$ do.	0,0123	0,0048	0,2734	0,0477	0,3154	3
do.	$\frac{1}{10}$ do.	0,0130	?	0,6030	0,0340?	0,5747	1
Neutr. weinsau-res Kali	$\frac{1}{20}$ do.	0,0560	?	0,3276	0,0686	0,2612	2
Kalihydrat	$\frac{1}{20}$ do.	0,0020	?	0,1870	0,0550	0,4018	1
do.	$\frac{1}{10}$ do.	Spur	?	0,4430	0,1050?	0,7347	1
Phosphorsaures Kali	$\frac{1}{20}$ do.	0,0268	0,0032	0,0993	0,0174	0,4895	3
do.	$\frac{1}{10}$ do.	0,0263	?	0,2527	0,0441	0,9250	2
Chlorkalium und einfach kohlen-saures Kali zu gleichen Aequi-valenttheilen.	$\frac{1}{40}$ do.	0,0420	0,0048	0,1426	0,0612	0,1518	1
do.	$\frac{1}{20}$ do.	0,0340	0,0024	0,3751	0,0646	0,2137	1
do.	$\frac{1}{10}$ do.	0,0170	0,0024	0,7630	0,0720	0,4147	1

Wie diese Versuche zeigen, treten an Stelle des abforbirten Kalis andere Basen in Lösung. Peters zeigt nun durch Rechnung, daß die Menge derselben der Menge des abforbirten Kalis ziemlich äquivalent ist.

Um die den gelösten Basen entsprechenden Kalimengen berechnen zu können, muß von den für erstere gefundenen Zahlen zunächst die Menge dieser Basen abgezogen werden, welche 250 Ccm. Wasser aus 100 Grm. Erde ausziehen und dann von dem Kalke noch die Menge, welche durch die Chlor-kaliumlösung als kohlen-saurer Kalk gelöst wurde. Ist dies geschehen, so erhält man z. B. folgende Zahlen:

Die gelbsten Basen entsprechen: Durch die Analyse gefunden:
 bei $\frac{1}{40}$ Atom Chlorkalium im Liter 0,1241 Grm. Kali 0,1381 Grm. Kali,
 " $\frac{1}{20}$ " " " 0,2061 " " 0,1990 " "
 " $\frac{1}{10}$ " " " 0,3138 " " 0,3124 " "

Um den Einfluß, welchen die Verbindung, in welcher sich das Kali in der Absorptions-Flüssigkeit befindet, ausübt zu zeigen, stelle ich noch die Mengen von Kali, welche bei gleicher Concentration der Lösung — $\frac{1}{20}$ Atom im Liter — von der Erde absorbiert worden sind, hier zusammen:

	Grm. Kali.
bei phosphorsaurem Kali .	0,4895
" Kalihydrat	0,4018
" kohlensaurem Kali	0,3154
" 2fach " "	0,2792
" weinsaurem	0,2612
" salpetersaurem	0,2516
" kohlensaurem Kali und Chlorkalium	0,2137
" Chlorkalium	0,1990

Was das Verhalten der Säuren anbelangt, so hat Peters in Betreff der Schwefelsäure und des Chlors gefunden, daß diese beiden von der Erde nicht absorbiert werden, sondern vollständig in der Lösung bleiben.

Bei der Absorption von 0,2089 Kali fand Peters in der Lösung 0,5086 und 0,5089 Grm. Schwefelsäure; in der Lösung waren an Schwefelsäure 0,5000 Grm., hierzu noch die durch 250 Ccm. Wasser aus 100 Grm. Erde gelbste Schwefelsäure gleich 0,0019 addirt giebt 0,5019. Bei der stärkeren Lösung von schwefelsaurem Kali ($\frac{1}{10}$ Atom) wurden 1,0136 Grm. statt 1,0019 Grm. Schwefelsäure gefunden. Nach der Absorption von Kali aus Chlorkalium — $\frac{1}{20}$ Atom im Liter — wurden 0,4485 Grm. statt nach der Rechnung 0,4470 Chlor und 0,8930 statt 0,8902 Grm. — $\frac{1}{10}$ Atom — gefunden.

Peters prüfte jetzt ferner, ob die aus einer Kalilösung von bestimmtem Gehalte absorbierte Kalimenge stets konstant bleibe, oder ob dieselbe z. B. durch Kochen erhöht werde.

Zur Entscheidung dieser Frage wurden 100 Grm. Erde mit 250 Ccm. Lösung in einer Kochflasche unter Ersatz des verdampften Wassers eine Viertelstunde lang gekocht, dann 24 Stunden stehen gelassen, und darauf die abfiltrirte Lösung analysirt.

Hierbei wurden von der Erde absorb.:	in der Kochhitze:	in der Kälte:
Chlorkalium $\frac{1}{20}$ Atom im Liter	0,2018 Grm.	0,1990 Grm.
" $\frac{1}{10}$ " "	0,3671 "	0,3124 "
" $\frac{1}{5}$ " "	0,4567 "	0,4503 "
Schwefelsaur. Kali $\frac{1}{20}$ Atom im Liter	0,2368 "	0,2089 "
Kohlensaures Kali $\frac{1}{20}$ " "	0,4018 "	0,3154 "
Kalihydrat $\frac{1}{20}$ " "	0,4438 "	0,4018 "
Phosphorsaure. Kali $\frac{1}{20}$ " "	0,5798 "	0,4895 "

Bieder mann, welchem wir ebenfalls eine größere Arbeit über die Absorptionsfähigkeit des Bodens verdanken, und welcher für die obige Frage auch einen Beitrag lieferte, stellte seine Versuche mit einer Pflanzennährstofflösung an, die von den Salzen: salpetersaurer Kalk, schwefelsaure Magnesia, salpetersaures Kali und phosphorsaures Kali, je 5 pro Mille, von sämtlichen 4 Salzen in Summa also 2%, enthielt. Im Gegensatz zu

Peters, fand Wiedermann bei seinen Versuchen, daß Siedhitze ($\frac{1}{4}$ stündiges Kochen) die Absorption des Kalis nicht erhöhte: von 9 Böden machte hiervon nur einer eine Ausnahme. Wiedermann ließ nach dem Kochen die Flüssigkeiten mit den Böden nur noch bis zum Erkalten in Berührung, Peters dagegen noch 24 Stunden.

Bei den Versuchen in der Kälte betrug die Zeit der Berührung 48 Stunden. Die von Wiedermann erhaltenen Resultate waren:

Tabelle 17.

Aus 100 Ccm. 0,4283 Grm. Kali enthaltend, wurden absorbiert:	Bei gewöhnlicher Temperatur.	Nach $\frac{1}{2}$ stündigem Kochen.
1. Guter Weizen- und Kleeboden.	0,1174	0,1093
2. Serpentinverwitterungsboden, auf dem Kiefern nicht gut gedeihen	0,2052	0,1906
3. Ein 97,52 % Feinerde enthaltender Boden.	0,0836	0,1363
4. Gneuß-Verwitterungsboden, Klee tragend	0,1267	0,1417
5. Alluvialboden von Mäckern	0,0721	0,0687
6. Glimmerschiefer-Verwitterungsboden	0,1093	0,1125
7. do. do.	0,1201	0,1093
8. Quadersandsteinboden	0,0836	0,0849
9. Russische Schwarzerde	0,2023	0,1985

Den Einfluß, welchen verschiedene Mengen der auf eine bestimmte Erdmenge angewendeten Absorptionsflüssigkeit auf die Absorption des Kalis ausüben, zeigt folgende Tabelle, zu deren Erklärung nur noch bemerkt zu werden braucht, daß das Verfahren hier dasselbe war, als bei den ersten Versuchen von Peters.

Tabelle 18.

Angewendete Kali-Verbindung.	Menge der Lösung.	Concentration der Lösung.	In d. Flüssigkeit waren gelöst:				Absorbiert war also Kali.
			Kalk-erde.	Mag-nesia.	Kali.	Na-tron.	
Chlorkalium	250	$\frac{1}{40}$ Atomimlitr.	0,0703	0,0038	0,1563	0,0378	0,1381
do.	500	do.	0,1120	0,0032	0,4140	0,0540	0,1748
do.	1000	do.	0,1560	0,0064	0,9740	0,0520	0,2037
do.	250	$\frac{1}{20}$ do.	0,1134	0,0045	0,3898	0,0542	0,1990
do.	500	do.	0,1680	0,0080	0,9260	0,0640	0,2517
do.	1000	do.	0,2180	0,0120	2,0620	0,1020	0,2935
do.	250	$\frac{1}{10}$ do.	0,1665	0,0048	0,8653	0,0546	0,3124
do.	500	do.	0,2412	0,0080	1,9580	0,1080	0,2975
do.	1000	do.	0,2740	0,0080	4,2300	0,1160	0,4810

Peters änderte bei diesen Versuchen das Verhältniß zwischen Boden und Absorptionsflüssigkeit dadurch, daß er die letztere in verschiedenen Mengen auf dieselbe Erdmenge einwirken ließ. Anders verfuhr Biedermann, der diese Frage ebenfalls zum Gegenstande der Untersuchung machte; dieser ließ dieselbe Flüssigkeitsmenge auf verschiedene Erdmengen einwirken. Seine Versuche, zu welchem unter anderen Erden der Alluvialboden von Möckern — ungeglüht und geglüht — verwendet wurden, ergaben in Betreff des letzteren Bodens die folgenden Resultate:

Tabelle 19.

Aus 100 Ccm. mit 0,4283 Grm. Kali wurden absorbiert:

Verhältniß vom Boden zur Lösung.	Ungeglüht:	Gegliht:
	Absorbirt Kali.	Absorbirt Kali.
1 : 100	0,0281	?
5 : 100	0,0295	0,0000
10 : 100	0,0531	0,0000
25 : 100	0,0741	0,0173
50 : 100	0,0721	0,0295
100 : 100	0,1417	0,1836
200 : 100	0,2269	0,1377

Die Versuche zeigen unter Anderem, wie durch das Glühen das Absorptions-Vermögen des Bodens für Kali verringert worden ist.

Es wurde ferner, wie schon oben angedeutet, von Peters der Einfluß, welchen die Länge der Einwirkung zwischen Boden und Lösung auf die Absorption ausübt, geprüft. Die Resultate dieser Versuche zeigt beifolgende Tabelle.

Tabelle 20.

Angewendete Flüssigkeit.	Zeitdauer der Einwirkung.	In der Flüssigkeit waren gelöst:				Absorbirt war also Kali.
		Kalk-erde.	Mag-nesia.	Kali.	Na-tron.	
Chlorkalium $\frac{1}{40}$ Atom im Liter.	$\frac{1}{4}$ Stunde	0,1132	0,0045	0,4471	0,0421	0,1417
	do. do.	0,1176	0,0045	0,4240?	0,0477	0,1648?
	2 do.	0,1110	0,0032	0,4317	0,0416	0,1571
	4 do.	0,1150	0,0045	0,4188	0,0471	0,1690
	8 do.	0,1200	0,0050	0,4028	0,0320?	0,1860
	24 do. (Mittel)	0,1134	0,0045	0,3898	0,0542	0,1990
	2 Tage	0,1120	0,0072	0,3719	0,0540	0,2168
	4 do.	0,1180	0,0050	0,3760	0,0570	0,2128
	6 do.	0,1180	0,0050	0,3854	0,0483	0,2034
	8 do.	0,1290	0,0040	0,3830	0,0459	0,2058
	14 do.	0,1164	0,0048	0,3847	0,0580	0,2041
	14 do.	0,1188	0,0040	0,3854	0,0530	0,2034
	14 do. (Mittel)	0,1176	0,0044	0,3851	0,0555	0,2037
	21 do.	0,1344	0,0048	0,4005	0,0535	0,1882

Schließlich theile ich noch einige von mir über die Absorption des Kalis angestellte Versuche mit.

Das Verfahren, welches ich hierbei meistens beobachtet, war folgendes: 100 Grm. der Erde wurden zunächst mit Wasser gesättigt, oder mit anderen Worten, mit so viel Wasser übergossen, als sie ihrer wasserhaltenden Kraft nach aufnehmen konnten, dann mit 100 Ccm. der betreffenden Lösung in einem Becherglase zusammengebracht, Flüssigkeit und Erde durch Umrühren mit einem Glasstabe innig gemischt, was in den ersten Stunden mehrere Male wiederholt wurde und darauf nach 24stündigem Stehen die Flüssigkeit von der Erde durch Filtration getrennt. Die Erde, welche zu diesen Versuchen benutzt wurde, war dem Versuchsfelde der Akademie Eibena entnommen und hatte folgende Zusammensetzung:

Mechanische Analyse:

Ries sand	68,53
Staub sand	7,50
Ab schlemmbares	23,97
	100,00

Chemische Analyse:

Wässriger Auszug: Salzsaurer Auszug:

Eisenoxyd	—	0,7336
Thonerde	—	0,5416
Kalkerde	0,01997	0,3441
Magnesia	0,00129	0,0882
Alkalien	0,06800	0,0136
Phosphorsäure	—	0,0367
Schwefelsäure	0,03210	0,0824
Chlor	0,04690	—
Kieselsäure	0,01130	0,0920
Thon	—	21,2100
Sand	—	74,0000
Organische Substanz	—	1,8850
Wasser	—	0,7890
Kohlensäure und Verlust	—	0,0292

Die Resultate dieser Versuche sind auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 21.

Angewendete Kalilösung.	Stärke derselben in 100 Ccm. Grm.	Menge derselben. Ccm.	Gelöst gebliebenes Kali. Grm.	In Lösung getretene Kalkerde. Grm.	Somit von 100 Grm. Boden absorbiert an Kali. Grm.	Bemerkungen.
Schwefelsaures Kali	2,0314	100	1,4647	0,0348	0,5667	Das Filtrat stets farblos
do.	1,0157	100	0,6234	0,0180	0,3923	
do.	1,0157	100	0,6142	0,0045?	0,4015	
do.	0,5078	200	0,6698	—	0,1729	
do.	0,2031	100	0,1667	0,0055	0,0365	

Weitere Versuche von mir im dritten Theile.

§ 96.

3. Für Natron.

Was die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für Natron anbetrifft, so liegen bis jetzt hierüber einige Versuche v. Liebig's und A. Beyer vor. v. Liebig prüfte das Verhalten von salpetersaurem Natron, Chlornatrium und kiesel-saurem Natron gegen verschiedene Erden. Das Verfahren bei diesen Versuchen war dasselbe, welches v. Liebig bei den mit Kali in Lösungen von Kalisalzen befolgte. Die Resultate der Versuche sind auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 22.

Bezeichnung des Bodens.	Stärke der Lösung im Liter.	Angewendetes Natronsalz.	1000 Ccm. Boden absorbiren aus den betreffenden Lösungen.	Bemerkungen.
Bogenhäuser Lehm Boden	932 Mgrm.	Salpeters. Natron	540 Mgrm.	Hierbei die Menge des Bodens nicht angegeben; aus 250 Ccm. Filtrat 237 Mgrm. schwefelsaures Natron zurückhaltend.
do.	do.	Schwefels. Natron	?	
do.	1243 "	Kiesel-saures Natron	683 Mgrm.	
do.	" "	" "	1292 "	
Gartenerde aus München	" "	" "	1366 "	
Erde von Weihenstephan	" "	" "	1440 "	
Erde von Schleißheim	" "	" "	1490 "	

Die Versuche, welche mit verschiedenen Erden angestellt worden sind, zeigen, daß die Erde ebenfalls das Vermögen besitzt, Natron zu absorbiren; sie zeigen aber zu gleicher Zeit, daß das Absorptions-Vermögen einer Erde für Natron geringer ist, als das für Kali.

Während z. B. der Bogenhäuser Lehm Boden einer Lösung von salpetersaurem Natron (2 Grm. in 1 Liter Wasser) nur 54 pCt. von dem gelösten

Natron entzog, ließ dieselbe Erde in einer gleich starken Lösung von salpetersaurem Kali (2 Grm. in 1 Liter Wasser) keine bestimmbar Mengen von Kali zurück. Ferner verlor eine Mistjauche, welche in 125 Ccm. 86,7 Milligramm. Kali und 16,8 Milligramm. Natron enthielt, bei der Filtration durch Erde 81,1 Milligramm. Kali und 5 Milligramm. Natron. Diese beiden Beispiele beweisen die vorher hingestellte Behauptung hinlänglich.

A. Beyer operirte mit 7 verschiedenen Böden aus der Gegend von Pyritz, einer der besten Pommerns, und stellte seine Versuche in der Art an, daß er auf 125 Grm. Boden 500 Ccm. der $\frac{1}{10}$ atomigen Lösung von saurem phosphorsauren Natron bei gewöhnlicher Temperatur 24 Stunden einwirken ließ. Die Böden sind zu ihrer näheren Charakteristik der mechanischen und chemischen Analyse unterworfen worden und wir theilen, da wir noch weiterhin auf die Versuche von A. Beyer Bezug nehmen müssen, hier zunächst die erhaltenen Analysen-Resultate mit.

Mechanische Analyse.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Große Gebirgs- trümmer .	40,87	16,99	8,38	10,56	19,88	2,58	0,98
Kies .	30,83	13,28	8,44	6,05	24,88	6,72	2,61
Feinerde .	928,30	969,73	983,18	983,39	955,24	990,70	996,41
	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00

Schlemm-Analyse.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Kleine Gebirgsstrüm- mer und grober Sand	54,85	73,28	62,72	56,64	54,71	45,60	50,73
Feiner Sand	1,83	6,46	11,77	6,01	2,83	2,23	4,26
Thoniger Sand .	17,93	2,83	8,59	12,88	10,53	17,16	17,00
Feinste Theile	25,39	17,43	16,92	24,47	31,93	30,01	28,01
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	?	100,00

Chemische Analyse der Feinerde.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Kali	0,152	0,140	0,214	0,354	0,204	0,300	0,174
Natron	0,032	0,021	0,039	0,032	0,091	0,040	0,066
Kalk	0,179	0,146	0,317	0,358	0,183	2,520	16,331
Magnesia	0,317	0,195	0,078	0,584	0,236	0,545	0,631
Eisenoxyd	1,346	1,107	1,407	2,589	1,767	2,299	2,012
Thonerde	1,445	0,919	1,969	3,190	2,124	2,946	3,378
Schwefelsäure	0,016	0,023	0,044	0,040	0,027	0,045	0,111
Phosphorsäure	0,049	0,064	0,089	0,061	0,049	0,036	0,079
Kieselsäure	1,285	1,190	0,975	0,955	0,745	0,735	0,925
Kohlensäure	0,040	0,080	0,270	0,050	0,060	1,920	12,450
Chlor	0,003	0,002	0,006	0,001	0,002	0,002	0,012
Hygroskopisches Wasser	1,260	0,960	1,645	4,450	1,515	3,760	5,720
Chemisch gebundenes Wasser	1,080	0,440	1,080	2,020	1,351	1,367	2,589
Humussubstanz	1,230	1,816	2,355	3,790	1,394	4,033	7,501
Sand, Thon	91,566	92,897	89,512	81,526	90,252	79,452	48,021
Gesamtnitrostoff	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Ammoniak	0,070	0,106	0,110	0,146	0,072	0,137	0,322
	0,0051	0,0068	0,0102	0,0068	0,0034	0,0059	0,0136

Die mit diesen 7 Böden in der oben angegebenen Art angestellten Absorptions-Versuche ergaben die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate, bei welchen außer der Menge des absorbirten Natrons zugleich die Mengen der in Lösung getretenen Kalkerde und Magnesia mit aufgeführt sind.

Es waren von 500 Ccm. einer Lösung von saurem phosphorsauren Natron, welcher 1,58 NaO enthielt,

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Absorbirt: Natron	0,143	0,084	0,233	0,233	0,145	0,355	0,286
Gelöst: Kalk	0,089	0,085	0,127	0,155	0,124	0,140	0,157
Gelöst: Magnesia	0,025	0,019	0,027	0,033	0,025	0,021	

§ 97.

4. Für Kalkerde.

Die ersten Versuche, durch welche das Verhalten der Kalkerde gegen Boden geprüft wurde, sind von Way angestellt worden.

Die Erde, deren sich Way bei diesen Versuchen bediente, war derselbe weiße Thon, der von ihm bei den Versuchen mit Ammoniak und Kali benutzt war. Mit dieser Erde brachte er Kalkwasser und Auflösungen von doppelt kohlensaurem Kalk in Berührung; die Resultate, so wie die näheren Zahlenangaben dieser Versuche zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 23.

Nennung des Bodens.	Menge derselben Grs.	Stärke der Kalklösung in 100 Theilen. Grs.	Menge derselben. Grs.	Form derselben.	Dauer der Berührung. Stund.	Die ganze Menge der Erde abforbirte Kalkerde. Grs.	100 Grs. abforbirten Kalkerde. Grs.	Bemerkungen.
Weißer Thon (white clay)	2000	0,1211	4000	Kalkwasser.	12	4,620	0,2310	Der doppelt kohlensaure Kalk so dargestellt, daß in verdünntes Kalkwasser so lange Kohlenensäure geleitet wurde, bis der gebildete kohlensf. Kalk wieder vollständig gelöst war.
" "	100	0,1211	4000	" "	2	1,468	1,468	
" "	100	0,1052	3500	" "	2	1,117	1,117	
" "	2000	0,0404	4000	doppelt kohlensaure Kalk	48	1,448	0,0724	
" "	100	0,0303	8000	" "	2	0,731	0,731	

Diese eben angeführten Versuche wurden von Way im Jahre 1850 veröffentlicht; darauf stellte er einige Jahre später noch einige Versuche an, welche vor Allem den Einfluß, den der Kalk auf die Abforption des Ammoniaks ausübt, zeigen sollten. Soweit dieselben uns Anhaltspunkte über

die Absorption des Kalkes geben, werde ich dieselben hier anführen. Way prüfte das Verhalten verschiedener Bodenarten gegen Kalkwasser von verschiedener Stärke, sowie den Einfluß der Zeitdauer auf die Absorption. Das Nähere über die Versuche, sowie die Resultate derselben habe ich auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 24.

Bezeichnung des Bodens.	Stärke der Lösung in 100 Theilen. Grs.	Dauer der Berührung. Stunden.	100 Grs. absorbirten Kalkerde. Grs.	Bemerkungen.
Gault clay (von der Oberfläche)	0,0997	1	0,9254	Der Boden enthält 48,9 pCt. Sand.
" "	"	2	1,0045	
" "	"	24	1,0038?	
" "	"	48	1,0577	
London clay (von der Oberfläche)	"	1	0,5390	(Fehler der Analyse.)
" "	"	2	0,5313?	
" "	"	24	0,5390	
do. 1 $\frac{1}{2}$ —2' unter der Oberfläche*)	"	1	0,7119	} Der Boden enthielt 21,95 pCt. Sand.
" "	"	48	0,7588	
" "	0,1449	24	0,9772	
" "	0,04985	24	0,6006	
" "	0,1449	24	1,5246	
Derselbe Boden, aber aus einer Tiefe von 3 $\frac{1}{2}$ '.	"	1	0,9812	
	"	24	1,0479	

Ferner sind von mir noch einige Versuche über die Absorption des Kalkes aus Kalkwasser gemacht worden.

Der Boden, welcher zu diesen Versuchen diente, war derselbe, wie der, welcher bei der Absorption des Kalis benutzt war, ebenso war auch das Verfahren dasselbe, welches oben beschrieben. Das Kalkwasser hatte in 100 Ccm. einen Kalkgehalt = 0,1333; die Zeit der Berührung betrug 24 Stunden. Bei den 3 angestellten Versuchen wurden folgende Zahlen erhalten:

100 Grm. Erde absorbirten	0,1174 Grm. Kalkerde;	gelöst blieben somit	0,0159
" " " "	0,1195	" " " "	0,0138
" " " "	0,1192	" " " "	0,0141

Weitere Versuche von mir im 3. Theile.

*) Während bei den früheren Versuchen stets 1000 Grs. Boden und 14000 Grs. der Lösung angewendet worden waren, nahm Way bei diesem Versuche 500 Grs. und 14000 Grs. Lösung; und bei den beiden nächsten 2000 Grs. Boden und 28000 Grs. Lösung.

Zum Schluß führe ich noch einige Versuche von Biedermann an, welcher, wie bereits pag. 310 bemerkt, mit einer Nährstofflösung operirte. Indem ich in Betreff der Art der Anstellung der Versuche auf pag. 311 verweise, gebe ich in der folgenden Tabelle die erhaltenen Resultate:

Tabelle 25.

100 Ccm. der Absorptions-Flüssigkeit, in welcher 0,1700 Grm. Kalkerde befindlich waren, enthielten nach der Berührung mit den betreffenden Erden an Kalkerde:

Namen der Erden.	Bei gewöhnlicher Temperatur.	Nach $\frac{1}{4}$ stündigem Kochen.
1. Guter Weizen- und Kleeboden .	0,1997	0,1493
2. Serpentinverwitterungsboden, auf dem Kiefern nicht gut gedeihen .	0,0875	0,0906
3. Ein 97,52 % Feinerde enthaltender Boden .	0,1714	0,1812
4. Gneißverwitterungsboden, klee tragend .	0,1768	0,1369
5. Alluvialboden von Mäckern . . .	0,2069	0,1348
6. Glimmerschiefer-Verwitterungsboden .	0,1742	0,1145
7. do. do.	0,1544	0,1297
8. Quadersandsteinboden .	0,2002	0,1379
9. Russische Schwarzerde .	0,2398	0,1976

Aus diesen Versuchs-Resultaten scheint hervorzugehen, daß die hier zum Versuche benutzten Böden, mit Ausnahme von 2, bei gewöhnlicher Temperatur kein Absorptions-Vermögen für Kalk besitzen. Dieser Schluß wäre aber kein berechtigter. Biedermann operirte mit einer Nährstofflösung, welche an Basen, außer Kalk, noch Kali, Ammoniak und Magnesia enthielt. Da nun bekannt ist, daß bei der Absorption von Kali und Ammoniak, Kalk, sowie Magnesia in Lösung treten, so erklärt dies, daß nach der Berührung mit den Erden die Absorptions-Flüssigkeit mehr Kalkerde enthielt, als vor derselben. Wäre in der Absorptions-Flüssigkeit nur Kalkerde als Basis enthalten gewesen, so würden auch diese Erden sicherlich eine Absorptions-Fähigkeit für Kalkerde gezeigt haben. Die Versuchsergebnisse sind aber gerade in ihrer Art höchst interessant.

§ 98.

5. Für Magnesia.

Ueber die Absorption der Magnesia liegen außer qualitativen Versuchen Wah's, durch welche derselbe die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für diese Basis konstatarirte, die ersten Versuche von v. Liebig's vor.

Diese Versuche v. Liebig's sind wie die früheren angestellt. Er prüfte das Verhalten von 4 Erden, nämlich der von Bogenhausen, aus seinem Hausgarten, von Weihenstephan und von Schleißheim, gegen eine Lösung von phosphorsaurer Magnesia-Ammoniak in kohlensaurem Wasser. v. Liebig fand, daß 1000 Ccm. der genannten Erden die Magnesia aus 1800 Ccm. der Absorptions-Flüssigkeit, welche im Liter 1425 Milligrm. Salz enthielt, vollständig entfernte.

Von mir sind auch einige Versuche über die Absorption der Magnesia angestellt worden, um noch einige Fragen über die Art derselben genauer beantworten zu können.

Die Erde, welche ich bei diesen Versuchen benutzte, ist dieselbe, die schon zu den Versuchen über die Absorption des Kalis und der Kalkerde diente. In Betreff der Art der Anstellung der Versuche verweise ich auf das pag. 313 Angeführte. Die Magnesia war in der Absorptions-Flüssigkeit als schwefelsaure Magnesia enthalten. Die Resultate dieser Versuche zeigt beifolgende Tabelle.

Tabelle 26.

100 Grm. Erde	Stärke der Lösung in 100 Ccm. Grm.	Menge derselben. Ccm.	Somit in der Lösung als Magnesia Grm.	In der Flüssigkeit waren gelöst:			Aus 100 Ccm. Lösung an Magnesia somit absorbt.
				Kalk-erde.	Magnesia.	Schwefelsäure.	
1,8190	0,9095	100	1,8190	0,0486	1,3696	2,7782	0,4494
"	0,4331	100	0,9095	0,0271	0,6544	1,3641	0,2531
"	0,3638	200	0,8662	0,02898	0,7513	1,4075	0,1149
"	0,1819	100	0,3638	0,0186	0,2919	0,5738	0,0719
"	"	100	0,1819	0,0110	0,1223	0,2631	0,0596

Sch bemerke noch, daß die meisten dieser Zahlen Mittelzahlen aus zwei Versuchen sind.

Ferner liegen uns noch einige Versuche von Bieder mann vor, bei welchen die pag. 310 näher bezeichnete Nährstofflösung angewendet ist.

Die erhaltenen Resultate sind auf der folgenden Tabelle zusammen- gestellt:

Tabelle 27.

100 Ccm. der Nährstofflösung, 0,1662 Grm. Magnesia enthaltend, hatten nach Berührung mit der Erde an Magnesia:

Namen der Erden.	Bei ge- wöhnlicher Temperatur.	Nach $\frac{1}{4}$ stün- digem Kochen.
1. Guter Weizen- und Kleeboden . .	0,1324	0,1261
2. Serpentinverwitterungsboden auf dem Kiefern nicht gut gedeihen . .	0,2577	0,3604
3. Ein 97,52 % Feinerde enthaltender Bo- den	0,1757	0,1874
4. Gneißverwitterungsboden, Klee tragend	0,1373	0,1405
5. Alluvialboden von Mäckern	0,1522	0,1459
6. Glimmerschiefer-Verwitterungsboden	0,1503	0,0951
7. do. do. do.	0,1766	0,1874
8. Quader sandsteinboden	0,1495	0,1189
9. Russische Schwarzerde	0,1378	0,0883

Auch für die Magnesia ergeben diese Versuche entweder keine Ab- sorption (bei 3 Böden), oder eine geringe. In Betreff der Erklärung für diese Thatsache verweise ich auf die beim Kalk pag. 319 von mir gemachte Bemerkung.

§ 99.

Folgerungen für die Basen.

1. Alle bis jetzt bei den Untersuchungen über die Absorption der Basen und deren Salze benutzten Bodenarten — so verschieden ihre physikalische und chemische Beschaffenheit auch war — besitzen das Vermögen, die Basen zu absorbiren, so daß mit völliger Sicherheit angenommen werden kann daß diese Eigenschaft jeder Erde — natürlich in größerem oder ge- ringerem Grade — zukommt.

2. Während die Erde der Absorptions-Flüssigkeit eine Basis entzieht, treten andere in Lösung (z. B. bei der Absorption von Kali: Kalkerde, Magnesia, Natron).

3. Bei der Absorption der Basen aus der schwefelsauren und aus der Chlor-Verbindung werden die Basen allein absorbirt,

während die Schwefelsäure (siehe diese), resp. das Chlor mit dem in Lösung getretenen Basen verbunden gelöst bleibt.

4. Die in Lösung getretenen Basen sind der absorbirten Basis ziemlich äquivalent.

5. Stärkere Lösungen werden absolut mehr erschöpft, dagegen wird verdünnteren Lösungen mehr Basis entzogen.

6. Die Menge der von einer Erde absorbirten Basis hängt ab:

- a) von der Concentration der Lösung,
- b) von der Menge derselben, welche mit der Erde in Berührung ist,
- c. von der Verbindung, in welcher sich die Basis in der Lösung befindet und
- d) von der Temperatur.

7. Die Absorption der Basen geschieht in so kurzer Zeit, daß die Länge der Berührung zwischen Erde und Lösung für die Absorption ein unwesentlicher Factor ist.

8. Ein Boden, welcher aus einer schwächeren Lösung so viel absorbirt hat, als er vermag, nimmt aus einer stärkeren noch eine gewisse Menge der betreffenden Basis auf.

9. Auch die schwächste Lösung wird nie vollständig erschöpft: es bleibt stets noch eine gewisse Menge der betreffenden Basis gelöst.

§ 100.

6. Für Kieselsäure.

Was das Verhalten der Kieselsäure gegen Erden anbetrifft, so liegen hierüber die Versuche von v. Liebig vor, wenn ich von den Versuchen Wah's, welche dieser mit Flachswasser und Kloaken-Wasser (Sewer-water) angestellt hat, in denen geringe Mengen Kieselsäure enthalten waren, absehe.

v. Liebig prüfte bei seinen Versuchen das Verhalten verschiedener Bodenarten gegen Lösungen von kiesel-saurem Kali. In Betreff der Erden ist noch zu erwähnen, daß einige derselben theils im natürlichen Zustande, theils geglüht, theils geglüht und mit geschlämmter Kreide vermischt, endlich mit Kalkmilch zu Brei angerührt und dann getrocknet in ihrem Verhalten gegen die betreffende Lösung von kiesel-saurem Kali geprüft wurden. Das Verfahren, welches bei den Versuchen v. Liebig's mit Kali beschrieben worden ist, wurde auch hier befolgt. Das Nähere über dieselben zeigt Tabelle 28 auf pag. 323.

Tabelle 28.

Bezeichnung der Erde.	Stärke der Kali-wasser-glas-lösung in 1000 Ccm. Mggrm.	In 1000Ccm. des Filtrats blieben gelöst. Mggrm.	Somit war an Kiesel-säure absorbiert. Mggrm.	Reaktion und Farbe des Filtrats	Bemerkungen.
Walderde	2780	2765	15	schwach sauer; braun	30,9 pCt. organische Stoffe enthaltend.
do., vorher aber mit Kalkmilch bis zur neutralen Reaktion zum Brei angerührt und dann getrocknet	3230	61	3169	schwach alkalisch.	
Gartenerde (aus dem botanischen Garten)	2780	1699	1081	braun	18 pCt. organische Stoffe enthaltend.
Lehmboden von Wogenhausen	2780	773	2007	braun	8,7 pCt. organische Stoffe enthaltend.
Derselbe geglüht	3230	—	3230	alkalisch.	enthaltend.
Gartenerde II. (aus dem Hausgarten)	2780	355	2425	?	reich an Kalk.
Ungarische Ackererde II.	2780	136	2644	?	9,84 pCt. organische Stoffe enthaltend.
Walderde geglüht, mit 10 pCt. geschlemmter Kreide naß gemischt und dann getrocknet	2780	1640	1140	neutral; wenig gefärbt.	

§ 101.

7. Für Phosphorsäure.

Abgesehen von den Versuchen Wah's über das Verhalten von Flachswasser und Kloaken-Wasser, die etwas Phosphorsäure enthielten, gegen Erde, verdanken wir die ersten Versuche über die Absorption der Phosphorsäure v. Liebig. Derselbe prüfte mehrere der schon bei seinen früheren Versuchen erwähnten Erden in ihrem Verhalten gegen phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Ammoniak-Magnesia.

Diese Absorptions-Flüssigkeiten waren, wie folgt, präparirt. Die Lösung der phosphorsauren Kalkerde erhielt v. Liebig, indem er Kalkwasser so lange mit verdünnter Phosphorsäure versetzte, bis das Ganze neutral war und dann den entstandenen Niederschlag in Wasser, welches mit Kohlensäure gesättigt war, auflöste; die Lösung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia wurde ebenfalls mittelst kohlensaurem Wasser dargestellt. Von diesen Lösungen wurden so lange bestimmte Mengen mit den betreffenden Erden in Berührung gebracht, bis Proben des Filtrates die Anwesenheit der Phosphorsäure anzeigten. Die Lösung der phosphorsauren Kalkerde enthielt im Liter 610 Milligrm. des Salzes und die der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia 1425 Milligrm. des Salzes. Die Resultate dieser Versuche habe ich auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 29.

Bezeichnung der Erde.	Stärke und Name der betreffend. Lösung. Millgrm.	Menge derselben. Ccm.	Menge des absorbirten phosphors. Salzes. Millgrm.	Bemerkungen.
1000 Ccm. Lehmerde von Bogenhausen	Phosphorsaurer Kalk 610 im Liter.	1800	1089	Die Filtrate waren beinahe ebenso kalkhaltig, als vorher; der gelöste Kalk stammte aber nicht von dem phosphorsauren Kalk der Lösung her, sondern war dem Boden durch die Kohlensäure der Lösung entzogen.
do. Gartenerde (Hausgarten)	do.	1600	976	
do. Erde v. Weihenstephan	do.	1600	976	
do. Erde v. Schleißheim	do.	1600	976	
do. Erde v. Bogenhausen	Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia 1425 im Liter.	1800	1425	Phosphorsäure, Ammoniak u. Magnesia der Lösung entzogen; an ihrer Stelle war im Filtrat Kalkerde, und zwar der Reihe nach; 456, 524, 402 und 884 Milligrm.
do. Gartenerde (Hausgarten)	do.	1800	1425	
do. Erde v. Weihenstephan	do.	1800	1425	
do. Erde v. Schleißheim	do.	1800	1425	

v. Liebig bemerkt noch, daß den Absorptions-Flüssigkeiten durch Zusatz von geschlemmter Kreide kein phosphorsaurer Kalk, resp. phosphorsaure Ammoniak-Magnesia entzogen werden.

Ferner sind von Henneberg und Stohmann einige Versuche über das Verhalten von phosphorsaurem Ammoniak gegen Erde gemacht worden.

Die Erde, welche zu diesen Versuchen benutzt wurde, ist dieselbe, welche zu den Versuchen mit Ammoniak diente; ebenso ist auch das Verfahren dasselbe, wie es bei den früheren Versuchen dieser Forscher beschrieben. Die Resultate der Versuche zeigt beifolgende Tabelle.

Tabelle 30.

	Stärke der Lösung in 200 Ccm. Grm.	Zeit der Berührung. Stunden.	Abforbirt Phosphorsäure= Menge. Grm.
100 Ccm. Erde und 200 Ccm. Lösung	0,144	6	0,072
" " "	0,144	6	0,072
" " "	0,720	2 ¹ / ₂	0,288
" " "	"	2 ¹ / ₂	0,212
" " "	"	4	0,500
" " "	"	6	0,244
" " "	"	24	0,280
" " "	"	24	0,268
" " "	"	24	0,208
" " "	1,440	2 ¹ / ₂	0,304
" " "	"	4	0,360
" " "	"	6	0,396
" " "	"	24	0,420
" " "	"	24	0,428
" " "	"	24	0,364
" " "	"	168	0,534

Nach Stohmann und Henneberg sind von Peters einige Versuche über die Absorption der Phosphorsäure gemacht worden.

Peters operirte mit Lösungen von phosphorsaurem Kali, benutzte zu diesen Versuchen dieselbe Erde, deren er sich bei seinen anderen Versuchen bedient hatte und befolgte auch hier dasselbe Verfahren, wie dort. Peters erhielt hierbei folgende Resultate:

100 Grm. Erde absorbirten aus 250 Ccm. Lösung			
mit 0,8920 Phosphorsäure in 24 Stunden	0,3238	Grm.	
" 0,8920 do. in 3 Wochen	0,5141	"	
" 1,7840 do. in 24 Stunden	0,5168	"	
" 1,7840 do. in 3 Wochen	0,7196	"	

Sch bemerke noch, daß, wie Peters angeführt, die angegebenen Zahlen Mittelzahlen sind.

Ferner ist von mir noch eine Reihe von Versuchen über die Absorption der Phosphorsäure durch Erden angestellt worden.

Als Absorptions-Flüssigkeit diente eine Lösung von phosphorsaurem Natron. Als Versuchserde wurde zunächst die Erde, welche bei den Versuchen über die Absorption des Kalis zc. angewandt worden war, benutzt; dann noch eine Erde aus Holstein und zwei Erden aus Hinterpommern. Die Erde aus Holstein war, wie folgt, zusammengesetzt.

Mechanische Analyse.

Ries sand	51,2
Staub sand	28,2
Abschlembares	20,6

Chemische Analyse.

Wässriger Auszug*):		Salzsaurer Auszug :
Eisenoxyd	}	1,5504
Thonerde		1,2815
Kalkerde	0,00392	0,4376
Magnesia	0,00497	0,2436
Kohlensäure Kalkerde	—	0,2280
Kali	0,00360	0,1089
Natron	0,02104	0,1662
Phosphorsäure	—	0,1373
Schwefelsäure	0,00058	0,0714
Chlor	0,00222	—
Lösliche Kieselsäure	0,00672	0,1556
Thon	—	13,4712
Sand	—	71,0000
Organische Substanz	—	8,0100
Wasser	—	3,0900
		100,0000

Die beiden Erden aus Hinterpommern hatten folgende Zusammensetzung:

	I.	II.
Wasser	26,700	4,000
Organische Substanz	nicht bestimmt	nicht bestimmt
Eisenoxydul, Eisenoxyd	}	}
Thonerde u. Phosphorsäure		
Kohlensaurer Kalk	42,016	6,450
Kohlensäure Magnesia	2,454	1,460
Schwefelsaurer Kalk	0,190	0,130
Lösliche Kieselsäure, Alkalien	}	}
und Chlor		
Sand und Thon	23,000	84,200

*) Der wässrige Auszug war aus 500 Grm. Erde, welche mit 5000 Ccm. Wasser ausgezogen, hergestellt. Ich führe hier noch die Menge Wasser, welche zum Ausziehen benutzt wurde, an, da sich eine Erde durch Wasser nicht erschöpfen läßt. Siehe pag. 53.

Die Versuche, wie früher pag. 244 beschrieben, angestellt. Die Abforptions-Flüssigkeiten waren nach der Berührung mit den betreffenden Erden alle mehr oder weniger gefärbt und zwar um so gefärbter, je mehr Phosphorsäure absorbiert worden war. Die Resultate dieser Versuche zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 31.

Bezeichnung der Erde:	Stärke der Lösung. Grm.	Menge der in Lösung gebliebenen Phosphorsäure. Grm.	Menge der absorbierten Phosphorsäure. Grm.
Erde vom Eldenaer Versuchsfelde	0,6698	0,4611	0,2087?
" "	0,3349	0,2540	0,0809
" "	0,0670	0,0498	0,0172
" "	0,4432	0,2509	0,1923
" "	0,4432	0,2574	0,1858
" "	0,8864	0,5460	0,3404
Erde aus Holstein	0,8864	0,3786	0,5078
" "	0,4432	0,1693	0,2739
" "	0,0886	0,0334	0,0552
Erde aus Hinter-Pommern I.	0,8864	0,2846	0,6018
" " II.	0,8864	0,3355	0,5509

Den Einfluß, welchen die Zeit der Berührung zwischen Erde und Lösung auf die Abforption ausübt, zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 32.

Bezeichnung der Erde.	Stärke der Lösung. Grm.	Zeitdauer der Berührung. Stunden.	Menge der in Lösung gebliebenen Phosphorsäure. Grm.	Menge der absorbierten Phosphorsäure. Grm.
Erde vom Eldenaer Versuchsfelde	0,6698	1	0,5530	0,1368
" "	0,6698	24	0,4611	0,2087?
" "	0,6698	120	0,4412	0,2286
" "	0,3349	1	0,2713	0,0636
" "	0,3349	24	0,2540	0,0809
" "	0,0670	1	0,0520	0,0150
" "	0,0670	24	0,0500	0,0172

Um ferner den Einfluß, welchen die in Chlornasserstoffsäure löslichen Bestandtheile der Erde auf die Absorption der Phosphorsäure ausüben, zu ermitteln, stellte ich folgende Versuche an.

Ein Theil der Erde vom Eldenaer Versuchsfelde wurde eine Stunde lang in der Wärme mit Salzsäure digerirt, dann mit Wasser so lange ausgewaschen, bis alle Chlornasserstoffsäure entfernt, darauf getrocknet und mit derselben ebenso, wie bei den früheren Versuchen verfahren. Zeit der Berührung war 24 Stunden; hierbei stellten sich folgende Resultate heraus:

Tabelle 33.

Stärke der Lösung.	Gelöst gebliebene Phosphorsäure.	Absorbirte Phosphorsäure.
0,3349	0,3174	0,0175
0,3349	0,3176	0,0173

Die mit Chlornasserstoffsäure extrahirte Erde hat somit ihr Absorptions-Vermögen für Phosphorsäure bedeutend verloren. Durch dieselbe waren aus der Erde von den für die Absorption der Phosphorsäure wichtigen Stoffen: Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde und Magnesia, entfernt worden. Um noch mehr den Einfluß, welchen diese Basen auf die Absorption ausüben, zu untersuchen, wurden 100 Grm. der rohen Erde zunächst entweder mit einer Lösung von Kalkwasser, oder mit einer Lösung von Eisenchlorid und Alaun zusammengebracht*), mit derselben 24 Stunden lang in Berührung gelassen, dann die betreffende Lösung soweit als möglich abgezogen, und diese Erde, welche aus den genannten Lösungen eine gewisse Menge der betreffenden Basis resp. Basen absorbirt hatte, mit 100 Ccm. der Lösung von phosphorsaurem Natron übergossen und weiter wie früher behandelt. Die Resultate dieser Versuche zeigt nachfolgende Tabelle.

Tabelle 34.

Die Erde war behandelt mit:	In 100 Ccm. war an Basis.	Davon abforbirt.	Stärke der Phosphorsäurelös.	In der Lösung blieb an Phosphorsäure gel.	Es wurde so mit an Phosphorsäure abs.
100 Ccm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
Kalkwasser	0,1333	0,1174	0,4432	0,2368	0,1964
do.	0,1333	0,1192	0,8864	0,4844	0,4020**)
Eisenchloridlösung	0,3160	0,0957	0,4432	0,1437	0,2995
Eisenchlorid und Alaunlösung	0,1580 } 0,0180 }	0,0861	0,4432	0,1546	0,2886
Rohe Erde	—	—	0,4432	0,2574	0,1858

*) Der Versuch mit Alaunlösung mißglückte und konnte, da die betreffende Erde verbraucht war, nicht wiederholt werden.

**) Dieser Versuch wurde im Trichter gemacht.

Ueber die AbSORPTIONS-Fähigkeit der Böden für Phosphorsäure liegen ferner noch eine Reihe von Versuchen von A. Beyer, K. Biedermann, A. Schulz, Eichhorn und Ritthausen vor.

Beyer benutzte zu seinen Versuchen die 7 pag. 315 und 316 näher bezeichneten Erden und erhielt hier die folgenden Resultate, wozu ich noch bemerke, daß zu den Versuchen eine Lösung von saurem phosphorsauren Natron diente, von welcher 500 Ccm., welche 3,769 Grm. Phosphorsäure enthielt, auf 125 Grm. Boden angewendet wurde.

Tabelle 35.

		AbSORBIRTE PHOSPHORSÄURE.
Boden	I.	0,070
do.	II.	0,050
do.	III.	0,177
do.	IV.	0,229
do.	V.	0,080
do.	VI.	0,289
do.	VII.	0,514

Wenn Beyer auch aus diesen Versuchen schließt, daß eine Abhängigkeit der AbSORPTION der Phosphorsäure vom Kalke entschieden nicht zu verkennen sei, so will mir doch scheinen, daß dies ebenso sehr in Betreff des Eisenoxydes, der Thonerde und der Magnesia der Fall ist.

Biedermann führte diese AbSORPTIONS-Versuche mit den früher bereits bezeichneten Erden aus und erhielt die folgenden Resultate :

Tabelle 36.

Namen der Erden.	AbSORBIRT VON 50 GRM. ERDE AUS 100 CCM. PHOSPHORSÄURE.	
	Bei gewöhnlicher Temperatur.	Nach $\frac{1}{4}$ stündigem Kochen.
1. Guter Weizen- und Kleeboden .	0,0543	0,2494
2. Serpentinverwitterungsboden, auf dem Kiefern nicht gut gedeihen.	0,0065	0,1768

Namen der Erden.	Absorbirt von 50 Grm. Erde aus 100 Ccm. Phosphorsäure.	
	Bei gewöhnlicher Temperatur.	Nach $\frac{1}{4}$ stündigem Kochen.
3. Ein 97,52% Feinerde enthaltender Boden	0,1041	0,1778
4. Gneußverwitterungsboden, klee tragend	0,1071	0,2694
5. Alluvialboden von Mädkern	0,0000	0,0971
6. Glimmerschiefer-Verwitterungsboden	0,1722	0,2831
7. do. do. do.	0,0085	0,1738
8. Quader sandsteinboden	0,0354	0,1907
9. Russische Schwarzerde	0,0314	0,1977

Interessant ist hier die Steigerung der Absorption bei der höheren Temperatur. Um den Einfluß der Temperatur noch näher zu studiren, führte Bieder mann noch weitere Versuche aus, von denen ich hier die folgenden Resultate verzeichne:

Tabelle 37.

Aus 100 Ccm. Nährstofflösung, enthaltend 0,3032 Grm. Phosphorsäure (PO^5), wurden absorbirt:

Namen der Erden.	Von 50 Grm. Erde aus 100 Ccm. bei gewöhnlicher (niederer) Temperatur, PO_5 .	Von 50 Grm. Erde aus 100 Ccm. bei gewöhnlicher (etwas höherer) Temperatur PO_5 .	100 Ccm. bei 35° C., PO_5 .	100 Ccm. nach $\frac{1}{4}$ stündigem Kochen, PO_5 .
1. Guter Weizen- und Klee boden	0,0543	0,1479	0,2116	0,2494
2. Serpentinverwitterungsboden, auf dem Kiefern nicht gut gedeihen	0,0065	0,0941	0,1389	0,1768
3. Ein 97,52% Feinerde enthaltender Boden	0,1041	0,0892	0,1379	0,1778
4. Gneußverwitterungsboden, klee tragend	0,1071	0,1131	0,2405	0,2694
5. Alluvialboden von Mädkern	0,0000	0,0175	0,0951	0,0966
6. Glimmerschiefer-Verwitterungsboden	0,1722	0,1678	0,2793	0,2831
7. do. do. do.	0,0085	0,1738	0,2166	0,1738
8. Quader sandsteinboden	0,0354	0,0981	0,1499	0,1907
9. Russische Schwarzerde	0,0314	0,1121	0,1598	0,1977

Tabelle 38.

Aus 100 Ccm. Nährstofflösung enthaltend 0,3032 Grm. Phosphorsäure wurden von 50 Grm. Alluvialboden von Mäckern absorbiert:

Bei gewöhnlicher (niederer) Temperatur.	Bei gewöhnlicher (höherer) Temperatur.	Bei 35° C.	Bei 35° C.	Nach 1/4stündigem Kochen.	Nach 1/2stündigem Kochen.
0,0000	0,0175	0,0732	0,0951	0,0971	0,1310

Auffallend ist, daß der Alluvialboden von Mäckern bei niederer Temperatur keine Phosphorsäure absorbiert.

Weitere Versuche stellte Biedermaun über das Verhalten wechselnder Bodenmengen zu derselben Menge Lösung an; von den erhaltenen Resultaten mögen die folgenden hier verzeichnet werden.

Tabelle 39.

Aus 100 Ccm. Lösung, 0,3032 Grm. Phosphorsäure enthaltend, wurden von dem Alluvialboden von Mäckern absorbiert:

Verhältniß vom Boden zur Lösung:	Absorbierte Phosphorsäure.	
	Ungeglüht.	Geglüht.
1 : 100	0,0255	0,0056
5 : 100	0,0106	0,0254
10 : 100	0,0155	0,0552
25 : 100	0,0453	0,1098
50 : 100	0,0563	0,1767
100 : 100	0,1151	0,2437
200 : 100	0,1559	0,2834

Schulz prüfte den Einfluß, welchen Humus auf die Adsorption der Phosphorsäure ausübt. Zu dem Zwecke mischte er feingepulverten Basalt mit verschiedenen Mengen von Humus, der 28,47% Glühverlust hatte in der Art, daß das Gemisch entweder keinen Humus oder 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 10% und 15% von demselben enthielt. Von diesem Gemisch wurden 100 Grm. mit 200 Ccm. einer 5% basisch phosphorsaures Natron (entsprechend 0,9997 Grm. Phosphorsäure) enthaltenden Lösung zusammengebracht und 48 Stunden, 14 Tage und 3 Wochen in Bewegung gelassen.

Die gewonnenen Resultate zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 40.

	Nach 48 Stunden.	Nach 14 Tagen.	Nach 3 Wochen.
	Phosphorsäure in Grm.		
Keinen Humuszusatz.	0,09378	0,10017	0,11551
1 %	0,09812	0,10525	0,11809
2 %	0,10272	0,10784	0,12831
3 %	0,10478	0,11449	0,13851
4 %	0,10938	0,11560	0,13906
5 %	0,11092	0,12931	0,14263
10 %	0,11378	0,14621	0,14621
15 %	0,11732	0,15030	0,15030

Diese Resultate zeigen, daß die Absorptions-Fähigkeit des Basalles durch den sogenannten Humus gesteigert worden ist, aber nicht, daß diese Steigerung allein oder zum Theil durch den Humusgehalt des benutzten sogenannten Humus, oder durch die in demselben außerdem vorhandenen unorganischen Stoffe bedingt war.

Die Bedeutung von Humuskörpern für die Absorption der Phosphorsäure lehren uns dagegen Versuche von Eichhorn kennen, welcher bei seinen Versuchen Humus säure und humus sauren Kalk benutzte, und fand, daß erstere die Phosphorsäure aus einer Superphosphatlösung nicht, dagegen letzterer stark absorbiert. Humus saurer Kalk zeigt ebenfalls für Lösungen von phosphorsaurem Ammoniak und phosphorsaurem Kalk starke Absorption für Phosphorsäure: es findet hier einfach ein wechselseitiger Austausch der Basen und Säuren statt.

Interessant sind ferner einige Versuche von Eichhorn, bei welchen er Kohlensäuren, resp. sauren Kohlensäuren Kalk und eine Superphosphatlösung in einer verschlossenen, resp. offenen Flasche auf einander einwirken ließ.

Die Bildung von 3 basisch phosphorsaurem Kalk (?) geht hierbei nämlich nicht plötzlich, sondern nur langsam vor sich, wie folgende Zahlen zeigen.

10 Ccm. der Lösung geben:	
im Anfange	0,0418 Phosphorsäure.
nach 2 Stunden	0,0382 "
" 24 "	0,0253 "
" 6 Tagen	0,0050 "
" 14 "	0,0040 "

Hierbei waren 20 Grm. Kreide und 200 Ccm. Lösung verwendet worden.

Bei saurem Kohlensäuren Kalk (erhalten durch Hineinleiten von Kohlensäure in Kaltwasser), und Superphosphatlösung ergab sich im geschlossenen Gefäße:

In 100 Ccm. waren enthalten:	
im Anfange	0,0380 Phosphorsäure.
nach 4 Tagen	0,0124 "

In offenen Gefäßen geht die Absorption schneller vor sich, was wegen der Verdunstung von Wasser, resp. von Wasser und Kohlensäure leicht erklärlich ist.

Auch H. Ritthausen hat die Wirkung von Superphosphatlösung (aus Knochenmehl-, Knochenkohle- und Mejillones-Guano-Superphosphat) auf kohlensauren Kalk studirt. Er wandte hierbei entweder frisch gefällten kohlensauren Kalk oder Mergel an. Beim frisch gefällten Kalk zeigte sich, daß die Wirkung sogleich auftrat (langsame Entwicklung von Kohlensäure) und in wenigen Tagen vollendet war. Höchst wichtig ist hierbei der Nachweis von Ritthausen, daß nicht 3 basisch, sondern neutraler phosphorsaurer Kalk (Di-Calcium-phosphat) entsteht, eine Verbindung, welche viel löslicher, als der basisch phosphorsaurer Kalk ist.

Bei Benutzung von Mergel zeigte sich, daß die Ueberführung der löslichen Phosphorsäure in schwerlöslich phosphorsauren Kalk viel langsamer vor sich geht, als bei fein vertheiltem, frisch gefälltem kohlensauren Kalk, jedoch begünstigt wird, durch gleichzeitig einwirkende Kohlensäure, welche, indem sie kohlensauren Kalk löst, die Bildung von Calciumphosphat befördert. Die größere Dichtigkeit der einzelnen Partikelchen des fein vertheilten kohlensauren Kalkes verlangsamt die Einwirkung der löslichen Phosphorsäure.

Folgerungen.

- 1) Alle bis jetzt in ihrem Verhalten zu Lösungen von phosphorsauren Salzen untersuchten Erden zeigten das Vermögen, denselben — je nach ihrer Zusammensetzung — mehr oder weniger Phosphorsäure zu entziehen, weshalb mit Sicherheit geschlossen werden kann, daß diese Eigenschaft allen Erden eigen ist.
- 2) Stärkere Lösungen werden absolut mehr erschöpft als schwächere, jedoch wird letzteren relativ mehr Phosphorsäure entzogen.
- 3) Die Zeitdauer der Berührung zwischen Erde und Lösung ist für die Absorption nicht sehr wesentlich.
- 4) Keine Erde erschöpft eine Lösung vollständig; es bleibt vielmehr auch bei den verdünntesten Lösungen stets noch eine gewisse Menge Phosphorsäure in Lösung.
- 5) Die Temperatur übt auf die Absorption einen nicht unwesentlichen Einfluß aus.
- 6) An kohlensaurem Kalk reiche Böden binden die Phosphorsäure zunächst durch Bildung von neutralem phosphorsaurer Kalk.

- 7) Eine Vermehrung des Gehalts einer Erde an Eisenoxyd, Thonerde, Magnesia und Kalkerde (durch Absorption der betreffenden Basen) erhöht, wie die Wegnahme genannter Basen das Absorptions-Vermögen der Erde für Phosphorsäure vermindert.

8. Für Schwefelsäure und Chlor.

Was das Verhalten der Schwefelsäure und des Chlors bei der Absorption anbetrifft, so zeigen die Arbeiten von Wagh, Hennenberg und Stohmann, von Liebig und Peters, daß diese beiden Körper vollständig in der Lösung verbleiben. In Betreff der Schwefelsäure bin ich dagegen bei meinen Versuchen mit schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Magnesia zu einem anderen Resultate gelangt; bei denselben fand ich nämlich, wie die beifolgenden Zahlen zeigen, daß zwar der größere Theil der Schwefelsäure gelöst blieb, daß aber der kleinere Theil von der Erde zurückgehalten werde. Von den in folgender Tabelle angeführten Zahlen bemerke ich noch, daß dieselben meistens Mittelzahlen aus je 2 Versuchen sind.

Name der Verbindung der Schwefelsäure.	Stärke der Lösung in 100 Ccm. Grm.	Somit wurden von 100 Grm. Erde an Schwefelsäure absorbirt.
Schwefelsaure Magnesia.	3,6485	0,8703
	1,8242	0,4167
	0,7297	0,1559
	0,3648	0,1017
Schwefelsaures Kali	0,8574	0,1888

§ 102.

9. Salpetersäure.

Das Verhalten der Salpetersäure in Betreff der Absorption wurde von W. Knop im Verein mit W. Wolf, Lehmann, Schreiber und Sackse geprüft.

Zur Bestimmung der Salpetersäure wurde die Methode von Fr. Schulze etwas modificirt angewandt; es war nämlich von W. Wolf gefunden worden,

daß ein einfaches galvanisches Element aus Zink und Eisen in einer Lösung von 1 Theil Natrium in 7 bis 8 Theilen Wasser die Reduction der Salpetersäure in Ammoniak vollkommen bewirkt. Nach dieser Reduction der Salpetersäure in Ammoniak wurde dann das Ammoniak mittelst bromirter Lösung von unterchlorigsaurem Natrium zerlegt und der sich so entwickelte Stickstoff dem Volumen nach bestimmt. In der folgenden Tabelle, in welcher Knop die Resultate der Versuche zusammengestellt hat, bedeutet A. die Erdmengen, B. die in einem Bruchtheile der ganzen Flüssigkeit wiedergefundenen Mengen Salpetersäure, nachdem dieselbe einige Zeit auf die Erden eingewirkt hat, C. die nach dem Gehalte von 12,4 Ccm. Stickgas von 0° pro 10 Ccm. Salpetersäure plus der in der Erde von Natur enthaltenen Mengen derselben Säure, D. die Summe der in Spalte C. angegebenen Zahlen; sie drückt diejenige Menge Salpetersäure aus, welche man für den Fall hätte wiederfinden müssen, daß die Erde gar keine Salpetersäure zurück behielt und die Bestimmung ganz fehlerfrei auszuführen wäre. Die Versuche 1 bis 16 sind mit Salpetersäure und die von 16 bis 22 mit salpetersaurem Kali angestellt.

Aus diesen Versuchen, sagt Knop, ergibt sich mit Sicherheit, daß die salpetersauren Salze, die mit Flüssigkeiten in die Ackererde gelangen und ebenso, daß freie Salpetersäure mit der man eine Erde auszieht, ganz und gar wieder ausgewaschen werden können.

Tabelle 41.

	A. Grm.	B. Ccm.	C. Ccm.	D. Ccm.	
1. Ackererde	1000	10,3	9,0+1,6	10,6	Knop.
2. "	2000	10,0	9,0+3,3	12,3	Knop.
3. "	100	4,8	4,9+0,2	5,1	Schreber.
4. "	100	4,3	4,9+0,2	5,1	Sachsze.
5. "	100	3,7	3,1+0,2	3,3	Lehmann.
6. "	100	3,7	3,1+0,2	3,3	derselbe.
7. "	600	12,8	12,4+0,0	12,4	Wolf.
8. "	500	15,0	12,4+0,0	12,4	derselbe.
9. Moorerde	500	14,0	12,4+0,0	12,4	derselbe.
10. "	100	9,4	10,3+0,5	10,8	Schreber.
11. "	100	3,7	3,1+1,2	4,3	Lehmann.
12. "	100	4,3	3,1+1,2	4,3	derselbe.
13. "	100	3,2	5,0+1,0	6,0	Knop.
14. Russische Schwarzerde	100	5,0	5,0+0,1	5,1	derselbe.
15. "	500	3,4	5,0+0,3	5,3	derselbe.
16. Ackererde	100	4,0	3,1+0,2	3,3	Lehmann.
17. "	100	6,4	6,2+0,1	6,3	Sachsze.
18. "	100	13,4	12,4+0,5	12,9	derselbe.
19. "	200	12,8	12,4+0,4	12,8	Wolf.
20. "	500	12,0	12,4+1,1	13,5	derselbe.
21. Moorerde	100	11,0	12,4+3,0	15,4	Sachsze.
22. "	500	59,0	62,0+0,0	62,0	Wolf.

Ferner stellte Knop noch einige Versuche mit salpetersaurem Ammoniak, wozu die eben genannten Erden dienten, an, und fand hier, daß das salpetersaure Ammoniak in humusarmen, thonreichen und in humusreichen Boden in wenig Tagen zersezt wird: die Salpetersäure an Mineralbasen gebunden tritt in Lösung, und das Ammoniak, wenn seine Menge weniger beträgt, als die Erde zu binden vermag, geht vollständig an letztere über und wird in derselben durch Flächen-Attraction zurückgehalten.

2. Verhalten der absorbirten Stoffe gegen Wasser.

§ 103.

Nachdem wir jetzt die Fakta, welche über das Absorptions-Vermögen des Bodens gegen die einzelnen Pflanzennährstoffe vorliegen, besprochen haben, kommen wir zu der für die Physiologie so außerordentlich wichtigen Frage: Wie verhalten sich die von einer Erde absorbirten Stoffe gegen die lösende Kraft des Wassers? In Folgendem werde ich die Untersuchungen, welche hierüber bis jetzt gemacht sind, in ähnlicher Weise zusammenstellen, wie ich es im vorigen Abschnitte mit den Versuchen über die Absorption selbst versucht habe.

1. Verhalten des Wassers gegen das von dem Boden absorbierte Ammoniak.

Die ersten Versuche hierüber verdanken wir Brustlein, Henneberg und Stohmann.

Brustlein stellte diese Versuche zugleich mit denjenigen an, welche ich im ersten Abschnitte beschrieben habe und verfuhr hierbei in der Art, daß er eine Erde, nachdem sie aus einer Ammoniaklösung eine bestimmte Menge Ammoniak absorbiert hatte, mit einer dem Maße nach bekannten Menge Wasser eine bestimmte Zeit zusammenbrachte, dann dieses mit dem von demselben Gelösten abnahm, eine neue Quantität Wasser hinzubachte und so weiter fort.

Brustlein erhielt folgende Resultate:

39 Grm. Erde, welche 0,0146 Grm. Ammoniak absorbiert hatten, gaben an Ammoniak ab:

1) an die 1. 500 Ccm. Wasser innerhalb einiger Stunden	0,00372 Grm.
2) " " 2. 500 " in 24 Stunden	0,00327 "
3) " " 3. 500 " " 24 "	0,00163 "

Somit lösten also 1500 Ccm. Wasser Ammoniak von den 0,0146 Grm., welche die Erde absorbiert hatte.

Bei einem zweiten Versuche, wo 50 Grm. Erde von Bechelbronn aus einer Salmiaklösung 0,003 Grm. Ammoniak absorbiert hatten, lösten:

1) 100 Ccm. Wasser (Zeit nicht angegeben)	0,00084 Grm. Ammoniak
2) 250 " " (do.)	0,00089 " "
3) 500 " " (do.)	0,00120 " "

Somit also 850 Ccm. 0,00293 Grm. Ammoniak.

Ferner gaben 50 Grm. von Mittelhausbergen, welche 0,003 Grm. absorbirt hatten, an 100 Ccm. Wasser 0,0014 Grm. Ammoniak ab.

Die Versuche von Henneberg und Stohmann wurden in der Art ausgeführt, daß man beim ersten Versuche 100 Grm. Erde mit 200 Ccm. Salmiaklösung, welche 0,693 Ammoniak enthielt, im verschlossenen Cylinder 24 Stunden lang stehen ließ, dann mit der Pipette 100 Ccm. der Lösung abhob, diese durch 100 Ccm. reines Wasser ersetzte, nach 24 Stunden wieder 100 Ccm. von der im Cylinder befindlichen Lösung abhob und durch 100 Ccm. Wasser ersetzte und so fort fünf Mal. Die 100 Grm. Erde hatten aus den 200 Ccm. Salmiaklösung 0,112 Grm. Ammoniak absorbirt. Da 100 Ccm. der Lösung abgehoben wurden, so waren somit in der mit der Erde in Berührung gelassenen Lösung noch 0,2903 Ammoniak zurückgeblieben. Wäre von dem Wasser kein Ammoniak aufgelöst worden, so hätten in den zum 2. Male abgehobenen 100 Ccm. 0,145 Grm. Ammoniak enthalten sein müssen, statt dessen wurden aber 0,150 Grm. gefunden, somit waren von den hinzugefügten 100 Ccm. Wasser 0,005 Grm. Ammoniak aufgelöst. Wenden wir eine ähnliche Rechnung bei jedem späteren Versuche an, so ergibt sich, daß die Erde an das Wasser folgende Mengen von Ammoniak abgegeben hat:

An die 1.	200 Ccm.	0,010 Grm.	
"	2.	"	0,009 "
"	3.	"	0,014 "
"	4.	"	0,011 "
"	5.	"	0,009 "
		somit im Ganzen 0,053 Grm.	

Bei einer zweiten Versuchsreihe, die in ähnlicher Weise angestellt, nur daß 100 Grm. Erde mit 400 Ccm. der Salmiaklösung zusammengebracht, nach 24 Stunden 200 Ccm. Flüssigkeit, die durch 200 Ccm. Wasser ersetzt, abgehoben wurden und so fort, erhielten Stohmann und Henneberg folgende Zahlen:

Die 1.	400 Ccm.	lösten	0,012 Grm.	Ammoniak
"	2.	"	"	0,012 " "
"	3.	"	"	0,010 " "
"	4.	"	"	0,009 " "
		zusammen also 0,043 Grm. Ammoniak.		

Ferner sind von Böcker mehrere interessante Versuche angestellt worden.

Zu diesen Versuchen diente die Erde Nr. 6. 1740 Grs. derselben wurden in einer gut verschließbaren Flasche mit 7000 Grs. einer Ammoniaklösung, welche auf 1000 Grs. 2,777 Grs. Ammoniak enthielten, 3 Tage lang in Berührung gelassen. Nach Verlauf dieser Zeit wurde die klare Lösung, die 4916 Grs. betrug, abgezogen und der Ammoniakgehalt derselben bestimmt. Die Analyse zeigte, daß die 1750 Grs. Erde der Lösung 4,655 Grs. Ammoniak entzogen hatten. Zu dem Rückstande in der Flasche wurden alsdann 7000 Grs. Wasser gesetzt, gut umgeschüttelt und nach drei Tagen wieder die klare Lösung abgezogen und dies im Ganzen siebenmal wiederholt.

Folgendes waren die Resultate dieser Versuche:

Die 1.	7000 Grs.	Wasser lösten	0,236 Grs.	absorbirtes Ammoniak auf.
" 2.	"	"	0,642	"
" 3.	"	"	0,610	"
" 4.	"	"	0,622	"
" 5.	"	"	0,120	"
" 6.	"	"	0,193	"
" 7.	"	"	0,221	"

somit die 49000 Grs. Wasser 2,651 Grs. absorbirtes Ammoniak.

Im Boden waren daher noch 2,004 Grs. Ammoniak zurückgeblieben.

Ferner stellte Bödler noch zwei ähnliche Versuchsreihen an; bei der ersten derselben hatten 1750 Grs. Erde aus 7000 Grs. Lösung von schwefelsaurem Ammoniak, welche auf 1000 Grs. 2,696 Grs. Ammoniak enthielt, 4,782 Grs. absorbirt (hierzu diente der Boden Nr. 1); bei der zweiten, zu welcher der Boden Nr. 6 benutzt wurde, hatten 1750 Grs. Erde aus 7000 Grs. einer Salmiaklösung, welche auf 1000 Grs. 3,02 Grs. Ammoniak enthielt, 5,60 Grs. absorbirt. Nachdem diese Erden die genannten Mengen Ammoniak absorbirt hatten, wurden sie in ähnlicher Weise, wie die erste Erde, mit 7000 Grs. Wasser 5 resp. 4 mal behandelt; hierbei stellten sich folgende Resultate heraus: Je 7000 Grs. Wasser lösten aus den Erden folgende Mengen auf:

	Erde 1.	Erde 6.
Die 1.	7000 Grs. Wasser	0,278 — 0,409 Grs. Ammoniak.
" 2.	"	0,633 — 0,646
" 3.	"	0,813 — 0,811
" 4.	"	0,416 — 0,499
" 5.	"	0,242 —
		2,382 — 2,365 Grs. Ammoniak.

Also hatten 35000 Grs. Wasser aus der ersten Erde von dem aus 7000 Grs. Lösung absorbirtes Ammoniak 2,382 Grs. aufgelöst und 2,49 Grs. waren noch im Boden geblieben. Bei der zweiten Erde hatten 28000 Grs. Wasser 2,365 Grs. aufgelöst und vom Boden waren noch 3,255 Grs. zurückgehalten worden.

§ 104.

2. Verhalten von Wasser u. s. w. gegen das vom Boden absorbirtes Kali.

Ueber das Verhalten von Lösungsmitteln gegen absorbirtes Kali liegt eine sehr interessante Reihe von Versuchen von Peters vor. Derselbe prüfte nicht nur das Verhalten des Wassers, sondern auch das des kohlenensäurehaltigen Wassers, das der verdünnten Essigsäure, verdünnten Salzsäure, und verschiedener Salze gegen absorbirtes Kali.

Die ersten Versuche — über das Verhalten des Wassers — wurden in der Art ausgeführt, daß 100 Grm. Erde mit 250 Ccm. einer Lösung von Chlorkalium, 0,5888 Grm. Kali im Liter enthaltend, 24 Stunden lang macerirt, darauf 125 Ccm. der Flüssigkeit abgenommen und durch

ebensoviel Wasser ersetzt wurden. Dies Abnehmen von 125 Ccm. und Ersetzen durch Wasser wurde dann noch siebenmal wiederholt. In den Auszügen wurde von Peters die Menge des gelösten Kalis, Natrons, Kaltes und der Magnesia bestimmt. Ich führe hier nur die Menge des jedesmal durch 250 Ccm. Wasser gelösten Kalis an.

Dieser Versuch wurde von Peters mit der bei seinen früheren Versuchen beschriebenen Erde zweimal gemacht, die Resultate waren:

Im 2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10. Auszüge.
0,0048	0,0075	0,0070	0,0076	0,0078	0,0105	0,0083	0,0087	0,0102
0,0075	0,0096	0,0082	0,0069	0,0075	0,0082	0,0112	0,201?	0,0083

Beim 1. Versuche waren somit 0,0724 Grm. Kali von den absorbirten 0,1937 Grm. Kali und beim 2. 0,0875 von den absorbirten 0,2114 Grm. Kali gelöst.

Darauf machte Peters vier Versuche, durch welche ebenfalls die lösende Kraft des Wassers gegen absorbirtes Kali dargethan werden sollte, welche aber in der Art angestellt wurden, daß 100 Grm. Erde in einem Trichter auf ein Filter gebracht und hier mit 250 Ccm. Chlorkaliumlösung (0,5889 Grm. im Liter) übergossen wurden. Der Trichter war oben mit einer Glasplatte und unten mit einer Kautschukröhre und Quetschhahn verschlossen. Nach 24 Stunden wurde filtrirt, das Filtrat durch Nachspülen mit Wasser (63 Ccm.) auf 250 Ccm. und diese Flüssigkeit nochmals durch die Erde filtrirt. Dann wurden 250 Ccm. Wasser auf den Trichter gebracht und nach 24 Stunden ebenso wie vorher verfahren; letzteres wurde mehrere Male wiederholt, wodurch sechs Auszüge entstanden; Erde und Stärke der Absorptions-Flüssigkeit, wie bei den obigen Versuchen. Die Resultate der vier Versuche, wobei jedesmal die erhaltenen Zahlen auf $250 + 63 = 313$ Ccm. berechnet sind, habe ich in folgender Tabelle zusammengestellt und in derselben auch die außer dem Kali gelösten Basen mit aufgeführt.

Tabelle 42.

	Kalkerde.	Magne- sia.	Kali.	Natron.	Absor- birtes Kali.	Wieder- gelöstes Kali.
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
Im 1. Auszüge	0,1200	0,0410	0,3758	0,0478	0,2130	—
" 2. "	0,0569	0,0022	0,0878	0,0111	0,2008	0,0122
" 3. "	0,0155	0,0007	0,0308	0,0075	0,1877	0,0139
" 4. "	0,0035	—	0,0171	0,0029	0,1767	0,0109
" 5. "	0,0023	—	0,0103	0,0011	0,1673	0,0094
" 6. "	0,0015	—	0,0113	0,0002	0,1586	0,0087
						0,0551

Ferner prüfte Peters das Verhalten von Kohlensäurehaltigem Wasser gegen gewöhnliche Erde, gegen Erde mit 0,1535

Grm. absorbirten Kali und gegen Erde mit 0,1226 Grm. absorbirten Kalk, indem die Erden mit der fünffachen Menge mit Kohlensäure gesättigtem Wasser 8 Tage lang in verschlossenen Flaschen digerirt und während dieser Zeit das Wasser vielmal von Neuem mit Kohlensäure imprägnirt wurde. Dieselben Erden wurden außerdem noch mit verdünnter Essigsäure (1 Theil auf 2 Theile Wasser), und zwar dem Achtfachen ihres Gewichtes, ausgezogen und fernerhin mit verdünnter Salzsäure in der Wärme digerirt. Für die beiden letzten Versuche wurde außer den drei genannten Erden noch eine mit 0,20396 Grm. absorbirtem Kali genommen. Jeder Versuch wurde bei jeder Erde zweimal angestellt und im Filtrat das gelöste Kali und Natron, sowie die Kalkerde und Magnesia bestimmt. Die nachstehende Tabelle zeigt die Mittelzahlen der Resultate.

Tabelle 43.

		Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.
Kohlensäurehaltiges Wasser löste aus 100 Grm.	von gewöhnlicher Erde.	0,1490	0,0060	0,0088	0,0032
	von Erde mit 0,1535 abs. Kali.	0,0828	0,0030	0,0466	0,0020
	von Erde mit 0,1226 abs. Kali.	0,0911	0,0072	0,0518	0,0020
Verdünnte Essigsäure löste aus 100 Grm.	von gewöhnlicher Erde.	0,3290	0,0066	0,0355	0,0270
	von Erde mit 0,1535 abs. Kali.	0,2817	0,0069	0,1047	0,0170
	von Erde mit 0,1226 abs. Kali.	0,2851	0,0032	0,1010	0,0172
	von Erde mit 0,20396 abs. Kali.	0,2212	0,0060	0,1291	0,0083
Verdünnte Salzsäure löste aus 100 Grm.	von gewöhnlicher Erde.	0,3528	0,0154	0,0636	0,0510
	von Erde mit 0,1535 abs. Kali.	0,02648	0,0108	0,2138	0,0366
	von Erde mit 0,1226 abs. Kali.	0,2820	0,0088	0,1906	0,0342
	von Erde mit 0,20396 abs. Kali.	0,2072	0,0096	0,2628	0,0244

Schließlich verdanken wir Peters noch die interessante Untersuchung über das Verhalten verschiedener Salzlösungen gegen rohe Erde und gegen Erde mit 0,20396 absorbirten Kali.

Hierbei wurden 100 Grm. Erde mit 250 Ccm. der Auflösung des betreffenden Salzes 3 Tage lang digerirt und dann die Flüssigkeit untersucht. Die Resultate dieser Arbeiten zeigt Tabelle 44 auf pag. 341.

Tabelle 44.

	Namen des angewandten Salzes und dessen Gehalt an Basiss.	Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.	Ammonia.	Von der Basis des betreffenden Salzes wurde absorbirt. Grm.
		Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	
100 Grm. rohe Erde gaben an 250 Ccm.	Ehloratrium mit 0,3609 Grm. Natron	0,0420	—	0,0328	0,3393	—	0,0270
	Salpeterf. Natron mit 0,2803 Grm. Natron	0,0388	—	0,0251	0,2500	—	0,0308
	Ehlorammonium mit 0,2211 Grm. Ammoniat	0,0784	—	0,0251	0,0063	0,1716	0,0495
	Salpeterf. Ammoniat mit 0,2165 Grm. Ammoniat	0,0756	—	0,0251	0,0063	1,0687	0,0478
	Ehlorcalcium mit 0,3182 Grm. Kalkerde	0,3024	0,0215	0,0270	0,0070	—	0,0158
	Salpeterf. Kalkerde mit 0,2996 Grm. Kalkerde	0,2800	0,0195	0,0289	0,0083	—	0,0196
	Ehlormagnesium mit 0,2120 Grm. Magnesia	0,0896	0,1897	0,0231	0,0137	—	0,0223
	Salpeterf. Magnesia mit 0,2317 Grm. Magnesia	0,0924	0,2062	0,0211	0,0192	—	0,0255
	Ehloratrium	0,0350	0,0006	0,1147	0,2988	—	0,0621
	Salpeterf. Natron	0,0671?	0,0006	0,0983	0,2197	—	0,0611
	Ehlorammonium	0,0324	—	0,1474	0,0008	0,1613	0,0598
	Salpeterf. Ammoniat	0,0322	—	0,1455	0,0024	0,1596	0,0569
	Ehlorcalcium	0,2674	0,0018	0,1290	0,0157	—	0,0508
	Salpeterf. Kalkerde	0,2380	0,0020	0,1252	0,0252	—	0,0616
Ehlormagnesium	0,0574	0,1509	0,1281	0,0182	—	0,0611	
Salpeterf. Magnesia	0,0542	0,1726	0,1224	0,0245	—	0,0591	
Desfilirtes Wasser	Spur	—	0,0434	0,0004	—	—	—

Gehalt der Lösl. an Basiss, wie oben.

Zum Schlusse führe ich noch einen von mir über die lösende Wirkung des Wassers auf das von einer Erde absorbirte Kali gemachten Versuch an.

100 Grm. Erde wurden, nachdem sie mit Wasser gesättigt waren, mit 100 Ccm. einer Kalilösung übergossen. Nach 24 Stunden wurde die Lösung abgehoben und auf ihren Kaligehalt geprüft. Das Filtrat betrug 99 Ccm., zur Bestimmung des Kalis dienten 25 Ccm., in denen 0,19169 Grm. Kali gefunden wurden; 100 Ccm. der Lösung hatten also noch 0,7657 Grm. und es waren also, da die Kalilösung 1,0157 Grm. enthalten hatte, vom Boden 0,2500 Grm. absorbiert worden. Auf diese Erde wurden 200 Ccm. Wasser gegossen, das Ganze gut umgerührt und 24 Stunden stehen gelassen; dann die Lösung, welche gleich 190 Ccm. war, abgehoben, von Neuem 200 Ccm. Wasser hinzugebracht und wie vorher behandelt. Das Filtrat gleich 196 Ccm. Von der ersten Lösung wurden 20 Ccm. zur Bestimmung des Kalis benutzt und in denselben eine Kalimenge gefunden, welche auf 201 Ccm. berechnet, gleich 0,0951 Grm. war. Da von der ursprünglichen Lösung, welche in 100 Ccm. 0,7657 Grm. Kali enthielt, 1 Ccm. bei der Erde verblieben war, so hätten in der Lösung 0,00766 Grm. enthalten sein müssen, wenn das Wasser nicht lösend auf das von der Erde absorbierte Kali eingewirkt hätte. Die Lösung enthielt aber 0,0951 Grm., somit waren von den 201 Grm. Wasser $0,0951 - 0,00766 = 0,08744$ Grm. Kali gelöst worden. Nach dem zweiten Aufgießen und Abheben zeigte das Filtrat einen Kaligehalt von 0,03059. Die beim ersten Abgießen zurückgebliebenen 11 Ccm. enthielten aber nur 0,00523 Grm. Kali, somit waren von dem Wasser $0,03059 - 0,00523 = 0,02536$ Grm. Kali aufgelöst. Da bei diesem Versuche außer dem Kali noch die Menge der gelösten Kalkerde und Magnesia bestimmt wurde, so sind die Resultate desselben in Folgendem kurz zusammengestellt: Nach der Absorption von 0,250 Grm. Kali befanden sich in Lösung:

	Kali.	Kalkerde.	Magnesia.
	0,7657.	0,0045.	0,0022.
Die ersten 200 Ccm. Wasser,	0,0874.	0,0016.	0,0006.
Die zweiten 200 Ccm. Wasser	0,0254.	0,0005.	Spuren.

§ 105.

3. Verhalten des Wassers gegen das vom Boden absorbierte Natron und die absorbierte Kalkerde.

Ueber das Verhalten des Wassers gegen absorbiertes Natron und absorbierte Kalkerde liegen keine direkten Versuche vor, jedoch lassen die Versuche, welche bis jetzt über die andern Pflanzennährstoffe gemacht sind, vor Allem die umfassende Arbeit von Peters, den sichereren Schluß zu, daß diese beiden Basen sich in dieser Beziehung ebenso verhalten, wie die übrigen.

§ 106.

4. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbierte Magnesia.

In Betreff der Magnesia ist von mir ein Versuch gemacht worden.

100 Grm. mit Wasser gesättigter Erde wurde mit 100 Ccm. einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia, welche 1,819 Grm. Magnesia enthielt, übergossen, das Ganze gut umgerührt und dann nach 24 Stunden 95 Ccm. der Lösung abgezogen und untersucht. In 100 Ccm. der Lösung waren, wie die Analyse zeigte, 1,3696 Grm. Magnesia, somit vom Boden 0,4494 Grm. absorbirt. Zu dieser Erde wurden darauf 200 Ccm. Wasser gesetzt, das Ganze ebenfalls gut umgeschüttelt und dann nach 24 Stunden 190 Ccm. abgehoben und untersucht. Von der ersten Lösung waren bei der Erde 5 Ccm. zurückgeblieben; die Menge der Magnesia in dieser Lösung betrug, wie oben gezeigt, nach der Absorption 1,3696 Grm., also in 5 Ccm. 0,06848, welche bei der Erde verblieben waren und die auch nur in der Lösung hätten gefunden werden können, wenn das Wasser nicht lösend auf die Erde eingewirkt hätte. In der Lösung fanden sich aber 0,09118 Grm. Magnesia, somit waren von den 200 Ccm. Wasser, 0,0225 Grm. Magnesia aufgelöst worden. Darauf wurden zum zweiten Male 200 Ccm. Wasser zur Erde gebracht, wieder tüchtig umgerührt und 24 Stunden in Berührung gelassen. Im Filtrat, welches gleich 216 Ccm. war, wurden 0,02179 Grm. Magnesia gefunden. Von der letzten Filtration waren bei der Erde 15 Ccm. geblieben, und in diesem waren an Magnesia 0,00682 Grm. Da sich in der neuen Lösung aber 0,02179 Grm. Magnesia vorfanden, so waren von den 201 Ccm. Wasser 0,01497 Grm. Magnesia aufgelöst worden. In den einzelnen Filtraten waren außer der Magnesia noch die Kalterde und Schwefelsäure bestimmt worden.

§ 107.

Folgerungen.

1. Die Basen werden bei der Absorption nicht unlöslich, sondern nur schwerlöslich gemacht; reines Wasser vermag einen Theil derselben wieder aufzulösen.

2. Es ist aber eine viel größere Menge Wasser nothwendig, um die absorbirten Basen wieder aufzulösen, als die Menge beträgt, in der sie vor der Absorption gelöst waren; es ist somit die Kraft, mit welcher die Erde die absorbirte Basis zurückhält, weit größer als die, mit der sie es der Lösung entzieht.

§ 108.

5. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte Kieselsäure.

Ueber das Verhalten der Kieselsäure gegen Wasser liegen keine speciellen Versuche vor: trotzdem kann mit Sicherheit angenommen werden, daß sie sich in dieser Beziehung ebenso wie die übrigen Körper verhalten wird, da wir ja aus den wässrigen Auszügen aus Erden — ich glaube sagen zu können stets — dieselbe antreffen; wenigstens habe ich sie bis jetzt in allen wässrigen Boden-

auszügen, welche ich untersucht habe, und deren Zahl eine nicht unbedeutende ist, stets vorgefunden. Daß sich natürlich in den Auszügen, welche mit kohlenensäurehaltigem Wasser, mit verdünnter Essigsäure und Salzsäure gemacht sind, eine noch größere Menge derselben befindet, ist selbstverständlich.

§ 109.

6. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbierte Phosphorsäure.

Ueber das Verhalten der von einer Erde absorbierten Phosphorsäure gegen die lösende Kraft des Wassers ist von mir ein Versuch gemacht.

In einem Trichter, welcher unten mit einem Kautschukrohr und Quetschhahn zu verschließen war, und in dem sich ein ganz kleines Filter von grobem Filtrirpapier befand, wurden 100 Grm. der Erde vom Eibener Versuchsfelde gebracht und, nachdem sie mit soviel Wasser, als sie zu fassen vermochten, imbibirt waren, mit 100 Ccm. einer Lösung von phosphorsaurem Natron, welche 0,4432 Grm. Phosphorsäure enthielt, übergossen. Die Lösung wurde einmal durchfiltrirt, darauf von Neuem auf die Erde gegossen, jetzt der Trichter unten mit dem Quetschhahn, oben mit einer Glasplatte verschlossen und mehrere Stunden lang stehen gelassen. Darauf wurde filtrirt und das Filtrat untersucht. Die Zeit der Berührung zwischen Erde und Lösung betrug im Ganzen 24 Stunden. In der Lösung, welche 100 Ccm. betrug, wurden 0,2509 Grm. Phosphorsäure gefunden, somit waren 0,1923 Grm. absorbiert worden. Auf diese Erde, welche also 0,1923 Grm. Phosphorsäure absorbiert hatte, wurden 200 Ccm. Wasser gegossen, einmal durch die Erde filtrirt, von Neuem zu derselben gebracht und nach mehreren Stunden zum 2. Male filtrirt, so daß auch jetzt Erde und Wasser im Ganzen 24 Stunden in Berührung gewesen waren. Das Filtrat, welches gleich 200 Ccm. war, wurde dann auf Phosphorsäure geprüft und zu Erde wieder Wasser und zwar 150 Ccm. gebracht und wie vorher verfahren. Nach der letzten Filtration wurden nochmals 150 Ccm. Wasser aufgegossen und so weiter fort. Hierbei stellten sich folgende Resultate heraus:

Die Erde, welche aus 100 Ccm. Lösung an Phosphorsäure absorbiert hatte:

					0,1923 Grm.,
gab an die	1.	200 Ccm. Wasser ab:	0,0955	"	
"	"	2. 150 " "	0,03246	"	
"	"	3. 150 " "	0,02037	"	
"	"	4. 150 " "	0,01527	"	
somit an		650 " "	0,16360	Grm.;	von

der Erde waren somit noch 0,0287 Grm. Phosphorsäure zurückgehalten worden. Bei Wiederholung dieses Versuches wurden ganz ähnliche Resultate erhalten.

Folgerungen.

- 1) Wasser vermag die von einer Erde absorbirte Phosphorsäure wieder in Lösung überzuführen; jedoch bedarf es
- 2) einer bedeutend größeren Menge von Wasser, um die absorbirte Phosphorsäure wieder zu lösen, als die Menge desjenigen Wassers beträgt, aus welcher die Erde dieselbe absorbirt hatte.

3. Ursachen der Absorption.

A. Der Basen.

1. Die Erklärung von Wah.

§ 110.

Für die Absorption der Basen durch den Boden sind bis jetzt mehrere Erklärungen gegeben worden. Wah war der erste, welcher eine solche versuchte; er erklärte die Absorption für eine chemische, beruhend auf der Bildung von wasserhaltigen, kiesel-sauren Doppelsalzen, die aus kiesel-saurer Thonerde und dem kiesel-sauren Salze der betreffenden absorbirten Basis beständen. Wenn also z. B. Kali absorbirt wird, so bildet sich im Boden eine Verbindung, welche aus kiesel-saurer Thonerde, kiesel-saurem Kali und Wasser besteht. Da aber dergleichen Verbindungen bis dahin noch nicht bekannt waren, so stellte Wah dieselben dar.

1) Das Natronsilikat besteht nach ihm in 100 Theilen, nach Abzug von ungefähr 10 pCt. Wasser, aus:

52,41 Kiesel-säure,
29,68 Thonerde,
17,91 Natron.

Das Salz ist in Wasser schwer löslich.

2) Das Kalksilikat enthält nach Abzug des Wassers, in 100 Theilen:

53,33 Kiesel-säure,
30,21 Thonerde,
16,46 Kalkerde.

Es ist noch schwerer in Wasser löslich als das Natronsilikat.

3) Das Kalisilikat besteht nach Abzug des Wassers, in 100 Theilen aus:

47,97 Kiesel-säure,
27,17 Thonerde,
24,86 Kali.

Es ist noch schwerer in Wasser löslich, als die beiden ersten Salze:

4) Das Ammoniaksilikat besteht nach Abzug des Wassers, in 100 Theilen aus: 53,96 Kiesel-säure,

30,57 Thonerde,
und 15,47 Ammoniumoxyd.

Dies Salz ist am schwersten in Wasser löslich.

- 5) Das Magnesiafiltrat ist von Way noch nicht quantitativ untersucht worden.

In ähnlicher Weise, wie diese Salze künstlich dargestellt werden, sollen sie sich auch im Boden bilden, so daß, wenn z. B. das Natron- oder Kalkfiltrat im Boden befindlich ist, und Kali oder Ammoniak hinzutreten, diese die zuerst genannten Basen verdrängen und an deren Stelle treten.

Die Reihenfolge, welche hierbei die Basen einnehmen, ist folgende: Natron, Kalkerde, Kali und Ammoniak, so daß also das Natronfiltrat durch Kalkerde, ersteres und das Kalkfiltrat durch Kali und diese beiden, sowie das Kalifiltrat durch Ammoniak zerlegt werden. Ich muß noch bemerken, daß Way in derselben Arbeit später eine andere Reihenfolge und zwar folgende: Natron, Kali, Kalkerde, Magnesia und Ammoniak angiebt.

In Bezug auf die Löslichkeit dieser Salze, die, wie wir vorher gesehen haben, schwer löslich sind, führt Way noch an, daß zur Auflösung eines Theiles des Ammoniakfiltrats 7000 Theile Wasser erforderlich sind, daß aber mit Kohlensäure gesättigtes Wasser $2\frac{1}{2}$ mal so viel, eine Lösung von Chlornatrium in Wasser, die 1,97 pCt. Chlornatrium 3,3 mal so viel löse, als reines Wasser. Das Wasser löst aber das Silikat nicht vollständig auf, sondern aus dem Ammoniakfiltrat wird z. B. nach Way nur kiesel-saures Ammoniak ausgezogen.

Ueber diese Erklärung Way's sagt Liebig, nachdem er vorher Way Widersprüche in der Arbeit nachgewiesen hat: „die Ansicht des Herrn Way, daß die von ihm künstlich dargestellten Doppelsilikate von Thonerde mit Kalkerde und Kali natürlich vorkommende Bestandtheile der Ackererde seien, und daß auf ihrer Anwesenheit die Absorption des Ammoniaks aus den Ammoniaksalzen in Folge der Entstehung von Doppelsilikaten mit Ammoniak als alkalischer Basis beruhe, ist durch keine seiner Versuche, ebenso wenig, wie die Existenz von kiesel-saurem Ammoniak, im entferntesten dargethan.“ — Auf die Erklärung von Way kommen wir später zurück.

2. Die Erklärung von Brustlein und Peters.

Eine andere Erklärung für die Absorption der Basen, zunächst für die des Ammoniaks, verdanken wir F. Brustlein, dessen Versuche über die Absorption des Ammoniaks wir besprochen haben. Dieser Forscher bezeichnet die Absorption des freien Ammoniaks als eine rein physikalische Erscheinung, abhängig von der physikalischen Beschaffenheit der mineralischen und auch organischen Stoffe, aus denen der Boden gebildet ist. Die Absorption des Ammoniaks aus seinen Salzen werde dagegen zunächst ermöglicht durch kohlensaurer Kalk oder kohlensäure Magnesia im fein vertheilten Zustande, welche das betreffende Ammoniaksalz zerlegen; nach der Zerlegung sei alsdann die Absorption des so frei gewordenen Ammoniaks ebenfalls eine rein physikalische Erscheinung. Diese Erklärung begründet Brustlein, indem er zeigt, daß andere in ihrer chemischen Zusammensetzung von dem Boden

ganz verschiedene Körper die Absorptions-Fähigkeit mit dem Boden theilen.

Er untersuchte nämlich Humuserde aus einer Eiche, Torf und Thierkohle auf ihre Absorptions-Fähigkeit und erhielt hierbei Resultate, aus denen sich ergibt, daß die genannten Stoffe die Absorptions-Fähigkeit für freies Ammoniak mit dem Boden gemein haben; Humuserde, Torf und mit Salzsäure ausgezogene Thierkohle können jedoch aus einem Ammoniaksalze kein Ammoniak absorbiren; die Thierkohle andererseits erhält, nachdem sie kohlen-sauren Kalk im fein vertheilten Zustande aufgenommen, das Vermögen, eine nicht unbedeutende Menge Ammoniak aus Chlorammonium zu fixiren.

Ähnliche Versuche mit ähnlichen Resultaten wie wir sie eben von Br u s t l e i n für das Ammoniak kennen gelernt haben, sind von P e t e r s über die Absorption des Kalis angestellt worden.

P e t e r s hat nämlich eine Reihe von Versuchen mit Holzkohlenpulver, welches mit ätherhaltigem Weingeist und mit verdünnter Salpetersäure ausgezogen, sehr lange ausgewaschen und sehr vorsichtig wieder getrocknet war, gemacht. Das Holzkohlenpulver wurde dann entweder rein, oder nachdem es mit doppelt kohlen-saurem Kalk behandelt, angewendet.

Diese angestellten Versuche zeigen, daß die Absorptions-Fähigkeit des Bodens mit ihm noch andere Körper theilen, die in chemischer Beziehung ihm durchaus nicht gleich sind.

3. Rautenberg's erste Erklärung.

Dieser Ansicht entgegen erklärte darauf R a u t e n b e r g, daß die Absorption nur von dem Gehalte der Erde an Thonerde und Eisenoxyd abhängig sei, daß dagegen die übrigen Bodenbestandtheile, abgesehen von der chemischen Wirkung eines geringen Theils Kalkerde und Magnesia, sich indifferent verhalten. Zu dieser Erklärung der Ursachen der Absorption war R a u t e n b e r g durch die folgenden Versuche gelangt.

Bei diesen Versuchen operirte Rautenberg mit einer Chlorammonium-Lösung, welche im Liter 1,6525 Ammoniak enthielt, und prüfte das Verhalten derselben gegen 9 Ackererden, welche einer genauen Analyse unterworfen waren. Bei jedem Versuche wurden 100 Grm. Erde mit 400 Ccm. der Lösung durch öfteres Umschütteln innig gemischt und 12 Stunden stehen gelassen. Die Resultate dieser Versuche sind auf Tabelle 45 pag. 348 zusammengestellt.

Daß Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat Absorptions-Vermögen für Kali und Ammoniak haben, ist weiter von R. W a r r i n g t o n j u n., welcher beide Hydrate für sich in ihrem Verhalten gegen eine Reihe von Salzen beider Basen prüfte, in der Art bestätigt gefunden worden, daß ersteres größere Absorptions-Fähigkeit besitze, als letzteres.

4. Mulder's Ansicht über die Ursachen der Absorption.

In seiner Chemie der Ackerkrume bespricht auch M u l d e r die Ursachen der Absorptions-Fähigkeit der Ackerkrume und tritt

Tabelle 45.

Standort der Erde.	Auffor- tirt Menge an Alumina- t.	Ge- löst Raf.	Gelbte Menge an Alumina- t.	Den äqui- valente Menge Alumina- t.	Zusammensetzung der Erde in 100 Theilen:										
					Silica- und Eisen- oxyd.	Kalkerde.	Magnesia.	Unlös- licher Stoff- Theil.	Organische Substanz.	Thon.	Feiner Sand.	Grober Sand.	Wasser- haltende Kraft.		
Mittelsaufsen	0,0700	0,0730	0,0307	0,0510	4,83	0,27	0,47	89,74	3,48	38,4	40,4	18,7	48,2		
Große Breite	0,0821	0,2236	0,0193	0,0922	3,22	26,21	1,39	44,03	6,29	23,2	44,7	30,1	51,8		
Raßenbreite	0,1098	0,2724	0,0271	0,1138	6,57	3,81	1,65	79,28	7,05	22,1	62,2	14,0	53,9		
Spaßenberg	0,1309	0,2372	0,0420	0,1207	8,44	0,69	2,38	81,06	5,58	31,6	46,8	19,5	58,3		
Stinnsaufen	0,1383	0,3460	0,0193	0,1397	8,92	7,31	1,15	70,30	—	24,3	53,8	18,4	55,6		
Ufer der Seine	0,1704	0,3860	0,0089	0,1388	8,76	2,78	0,38	78,38	—	20,2	60,9	17,0	61,6		
Kleiner Gagen	0,1749	0,2537	0,0369	0,1176	12,00	0,26	0,70	80,88	—	30,1	53,2	14,2	53,3		
Gainberg	0,2105	0,6087	0,0284	0,2308	14,00	1,05	1,12	75,05	—	42,7	38,3	15,3	62,1		
Depoldshaufen	9,2489	0,5839	0,0286	0,2228	15,86	8,17	0,67	56,86	—	47,9	32,4	16,6	70,9		

hierbei entschieden zu Gunsten der W a y ' s c h e n Erklärung auf; er sagt unter Anderem an einer Stelle, wo er von der doppelten Zersetzung zwischen den Zeolithen und den im Boden aufgelösten Salzen spricht: „Es muß alsdann*) in vielen Fällen eine doppelte Zersetzung zwischen den Zeolithen und den Salzlösungen stattfinden. Unbegreiflicher Weise wird diese von W a y so richtig erkannte Thatsache von Liebig in Abrede gestellt.“

Beweise jedoch dafür, daß die Zeolithe Absorptions-Vermögen besitzen, giebt M u l d e r nicht.

§ 111.

5. Kautenberg's zweite Erklärung.

Kautenberg war der erste, welcher durch Versuche darthat, daß wasserhaltige Silikate — Zeolithe — Absorptions-Vermögen in hohem Grade besitzen.

Kautenberg unternahm bei dieser neuen Versuchsreihe zunächst die Beantwortung folgender zwei Fragen:

1. Hängt die Absorptions-Fähigkeit der Ackererde von dem einen oder andern ihrer Bestandtheile allein ab?

2. Uebt die Erde als Ganzes, als ein poröses Gemenge, außerdem noch eine Wirkung aus?

Zur Beantwortung der ersten Frage stellte sich Kautenberg Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat dar, prüfte diese in ihrem Verhalten zu Ammoniak, Salmiak, Kali und Chlorkalium und fand, daß das Eisenoxydhydrat, verglichen mit der Ackererde, nur im geringen Grade das Absorptions-Vermögen für freie Alkalien besitzt, so daß dasselbe also allein die Absorptions-Fähigkeit der Ackererden nicht verursachen kann. Das Verhalten des Thonerdehydrats gegen Kali wurde nicht untersucht, da das Kali Thonerde löst und so die Lösung nicht mehr mit Sicherheit hätte titriert werden können. Aus den Lösungen von Chlorammonium und Chlorkalium absorbirten das reine Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat, sowie beide, nachdem sie mit kohlensaurem Kalk imprägnirt worden waren, fast Nichts. Ebenso wie diese beiden Hydrate verhielt sich im Wesentlichen P a o l i n — geschlemmte Porcellanerde — indem die freien Alkalien in geringen

*) M u l d e r nimmt an, daß in einem guten Ackerboden Zeolithe — so bezeichnet er kurz die wasserhaltigen, kiesel-sauren Verbindungen des Bodens — enthalten sind und dies alsdann ist also zu lesen: Wenn derartige Zeolithe im Boden sind, so .

Mengen, dagegen aus den Lösungen der Salze kaum bestimmbare Spuren absorbiert wurden.

Im Ganzen wurden 4 Sorten Kaolin in ihrem Verhalten gegen die Lösungen untersucht. Eine Imprägnation des Kaolins mit kohlensaurem Kalk erhöhte die Absorptionskraft ebenfalls nicht. Aus diesen Versuchen folgt, daß die Absorptions-Erscheinungen der Ackererde auf den Thon für sich allein nicht zurückzuführen sind.

Der Quarzsand zeigte ebenfalls kein Absorptions-Vermögen.

Der Humus dagegen besitzt ein bedeutendes Absorptions-Vermögen; da derselbe aber in der Ackererde stets nur in geringer Menge vorkommt, so kann er allein die Absorption nicht bedingen.

Aus diesen Versuchen schließt Rautenberg, daß das Absorptions-Vermögen der Ackererde auf keine derjenigen Bestandtheile zurückzuführen ist, welche der Menge nach zu den wesentlichen gezählt werden müssen.

Darauf prüfte Rautenberg das Verhalten von gemengten Körpern zu den Lösungen. Kaolin mit Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat imprägnirt, sowie Kaolin mit Quarzsand, Schlemmkreide und Humus gemengt, zeigten aber ebenfalls keine besondere Wirkung, die dem Gemenge, als Ganzem, zuzuschreiben wäre. Die Absorptions-Fähigkeit setzt sich hier einfach aus der der einzelnen Bestandtheile zusammen; daher ist es auch wahrscheinlich, daß die Ackererde als Ganzes kein Absorptions-Vermögen auszuüben vermag.

Rautenberg zeigt dann, daß wasserhaltige Silikate einen bedeutenden Einfluß auf die Absorption ausüben. Zu diesen Versuchen dienten zwei Bolusarten, von denen der eine 19,49 Procent und der andere 41,28 Procent wasserhaltige Silikate enthielt; beide besaßen ein großes Absorptions-Vermögen, und zwar das größte der mit dem höchsten Gehalte an wasserhaltigem Silikat. Zum weiteren Beweise, daß das Silikat die absorbirende Wirkung der Hauptsache nach bedingt, wurde der eine Bolus längere Zeit mit Salzsäure digerirt und so das Silikat theilweise entfernt, andererseits der Kaolin mit künstlich dargestelltem Thonerdefalksilikat imprägnirt und dann beide in ihrem Verhalten gegen Salmiaklösung geprüft, wobei sich ergab, daß ersterer durch Entfernung des Silikats in der Absorptions-Fähigkeit bedeutend geschwächt, letzterer dagegen bedeutend erhöht war. Hieraus folgert Rautenberg, daß das Absorptions-Vermögen dieser Substanzen hauptsächlich, wenn nicht allein,

auf der Gegenwart des Silikats beruhe. Die Art der Wirkung des Silikats auf das Salz, ob Oberflächenwirkung oder rein chemischer Proceß, läßt Kautenberg noch unentschieden. Diese so von Kautenberg erhaltenen Resultate führen unwillkürlich auf die früher von Wah gegebene Erklärung der Absorption zurück.

§ 112.

6. Meine Versuche über die Ursache der Absorption.

Wenn die Absorptions-Fähigkeit der Ackererde von der Bildung von wasserhaltigen Silikaten ab- oder mit der Gegenwart derselben im Boden zusammenhängen sollte, so mußte vor allen Dingen die Anwesenheit derartiger Verbindungen in den Ackererden nachgewiesen werden. War dies constatirt, so war dann weiter zu untersuchen, ob die Menge der wasserhaltigen Silikate, welche in einem Boden vorkommt, in Uebereinstimmung mit der Menge der absorbirten Basis zu bringen sei, woran sich dann noch mehrere andere Untersuchungen anzureihen hatten, bevor der sichere Nachweis von der Bedeutung der wasserhaltigen Silikate für die Absorptions-Fähigkeit der Ackererden festgestellt war.

Da ich nun die Erforschung der Ursachen der Absorptions-Fähigkeit der Ackererden für die Bodenkenntniß, Düngung u. s. w. für außerordentlich wichtig halte, so habe ich mich eine Reihe von Jahren mit diesem Gegenstande beschäftigt. Im Folgenden werde ich in Kürze über die von mir zur Erforschung der Ursachen der Absorptions-Fähigkeit der Ackererde angestellten Versuche referiren:

a. Versuche zur Erforschung der Absorptions-Fähigkeit der wasserhaltigen Silikate.

α. Absorptions-Versuche mit einer Anzahl von Ackererden.

Da ich die wasserhaltigen Silikate ebenfalls für einen der Hauptfactoren, welche die Absorptions-Fähigkeit bedingen, hielt, so versuchte ich zunächst die Anwesenheit derselben im Boden nachzuweisen. Die zu diesem Zwecke unternommenen Arbeiten, durch welche ich glaube, daß es mir gelungen ist, die Gegenwart der wasserhaltigen Silikate im Boden darzuthun, werden in dem Kapitel „Der Boden“ besprochen werden.

Nachdem das Vorkommen der wasserhaltigen Silikate — Zeolithen — im Boden festgestellt war, wurden dann eine Anzahl

von Erden untersucht und auf ihre Absorptions-Fähigkeit für Kali geprüft.

Die Absorptions-Versuche wurden in der Art wie pag. 313 angegeben ausgeführt. Alle Zahlen sind Mittelzahlen aus zwei Bestimmungen.

In der folgenden Tabelle pag. 353 ist die Zusammensetzung der Erden mit der Absorptions-Fähigkeit derselben zusammengestellt. Diese Tabelle wird so ersichtlich machen, ob letztere vor allem einem oder mehreren der Bestandtheile zuzuschreiben ist.

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich findet zwischen der Absorptions-Fähigkeit einer Erde für Kali und dem Gehalte derselben an Kieselsäure der größte Zusammenhang statt, es hat allerdings nicht regelmäßig diejenige Erde, welche die größte Menge Kieselsäure enthält, am meisten Kali absorhirt, überwiegend ist dies jedoch der Fall. Außer der Kieselsäure zeigt die Menge des Eisenoxyds und der Thonerde die größte Uebereinstimmung mit dem Absorptions-Vermögen der Erden. Die größte Menge der vorhandenen Kieselsäure kommt nun mit der größten Menge des Eisenoxyds und der Thonerde, sowie mit einem Theile der Kalkerde und der Magnesia in den Erden zu löslichen Silikaten vereinigt vor. Hieraus ist mit Bestimmtheit zu folgern, daß diesen Silikaten ein bedeutender Einfluß bei der Absorption zuzuschreiben ist.

Zwischen den andern Bestandtheilen der Erden und der Absorptions-Fähigkeit derselben läßt sich dagegen nicht gut ein Zusammenhang nachweisen. Wollte man z. B. der Menge der organischen Stoffe einen entscheidenden Einfluß bei der Absorption vindiziren, so scheinen die für das Absorptions-Vermögen des Thonbodens und des Teichschlammes gefundenen Zahlen, sowie der Gehalt beider an organischen Stoffen hiergegen zu sprechen. Der Teichschlamm mit 12,849 Procent organischen Stoffen absorhirt weniger Kali, als der Thonboden mit nur 6,008 Procent organischen Stoffen; die Menge der löslichen Kieselsäure betrug dagegen beim Teichschlamm 7,792 Procent und beim Thonboden 7,876 Procent, ebenso war auch der Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde (10,714 Procent) beim Thonboden ein größerer als beim Teichschlamm (7,336), mithin also die Menge der löslichen Silikate. Bei einigen Bodenarten zeigen allerdings diejenigen mit dem größten Gehalte an organischen Stoffen auch das größere Absorptions-Vermögen, so Ackererde 74 im Vergleich zum Untergrund 74 und Ackererde A. zu Untergrund A. Bei andern ist dies dagegen wieder nicht der Fall, z. B. bei Untergrund A., welcher bei einem Gehalte an organischen Stoffen von 1,988 Procent 0,0639 Grm. Kali absorhirt und Ackererde 68, die 2,700

Tabelle 46.

Namen der Erden.	Wasser.	Organ. Substanz.	Eisen-oxyd, Schon-erde und Phosphor.	Kalkerde.	Magnesia.	Sand.	Thon.	Kiesel-säure.	In 100 Cem. der Lössung an Kali 0,1314 Grm.; hiervon ab= forbit.	In 100 Cem. der Lössung an Kali 0,1439 Grm.; hiervon ab= forbit.	In 100 Cem. der Lössung an Kali 0,2628 Grm.; hiervon ab= forbit.
Ackererde 74	1,613	2,387	3,107	0,061	0,201	79,410	10,344	2,630	0,0575	—	0,1162
Untergrund 74	1,521	1,652	3,066	0,109	0,282	84,470	6,610	2,024	0,0515	—	0,0981
Ackererde 68	1,416	2,700	2,523	0,147	0,227	81,820	7,366	3,324	0,0582	—	0,1180
Untergrund 68	1,347	2,003	2,918	0,122	0,240	83,020	5,762	4,119	0,0598	—	0,1065
Ackererde A.	1,514	3,008	3,062	0,220	0,323	81,570	7,164	3,625	0,0683	—	0,1128
Untergrund A.	1,727	1,988	3,558	0,146	0,147	82,300	5,960	3,728	0,0639	—	0,1026
Reichschlamm	4,809	12,849	7,336	0,840	0,658	64,760	—	7,792	0,0923	0,1009	—
				Rohleimf. Kalkerde.							
Mergel-Großhof	1,300	0,700	3,040	15,440	2,110	72,660	—	4,300	—	0,0642	—
Mergel-Karlschau	9,518	—	4,625	18,134	2,113	59,217	—	6,072	0,0706	—	—
Ackererde aus Schlesiens	2,649	4,650	5,415	0,871	0,330	80,952	—	4,732	—	0,0708	—
Schonboden aus Weßlau	4,214	6,008	10,714	1,179	0,895	71,273	—	7,876	0,0987	—	—

Procent organischer Stoffe enthielt und nur 0,0587 Grm. Kali absorbirte. Aehnliche Widersprüche zeigen noch mehrere der anderen Erden, so daß aus diesen Versuchen mit Sicherheit weder für noch wider die Wichtigkeit der organischen Stoffe bei der Absorption ein Schluß zu ziehen ist.

β. Versuche mit künstlich dargestellten Silikaten.

Nachdem diese Versuchsreihe so den Schluß ergeben hatte, daß zwischen der Absorptions-Fähigkeit einer Erde und dem Gehalte derselben an löslicher Kieselsäure resp. löslichen Silikaten, ein Zusammenhang vorhanden sei, prüfte ich weiter, ob dieselbe durch Hinzufügung löslicher Silikate vergrößert oder durch Hinzunahme derselben verringert werde.

Zu diesen Versuchen diente der Untergrund 74; die verwendeten Silikate waren die folgenden:

1. Thonerde-Natron-Silikat; dasselbe bestand in 100 Theilen aus:

Wasser bei 100° flüchtig	89,880
" " schwachem Glühen	0,707
Trockensubstanz	9,413
	<hr/>
	100,000.

Die Trockensubstanz bestand in 100 Theilen aus:

Kieselsäure	61,240
Thonerde	23,256
Natron	15,504
	<hr/>
	100,000.

2. Einem Thonerde-Kalkerde-Silikat; dieses war wie folgt zusammengesetzt:

Wasser bei 100° C. flüchtig	9,826
" " 150° C. flüchtig	4,513
" " schwachem Glühen flüchtig	9,401
Trockensubstanz	76,260
	<hr/>
	100,000.

Die Trockensubstanz bestand in 100 Theilen aus:

Kieselsäure	64,824
Thonerde	11,683
Kalkerde	17,726
Natron	0,628
Kohlensaurer Kalkerde	5,138
	<hr/>
	99,999.

3. Einem anderen Thonerde-Kalkerde-Silikat, welches folgende Zusammensetzung hatte:

Wasser bei 100° flüchtig . . .	15,693
" " schwachem Glühen flüchtig	12,615
Kieselsäure	47,392
Thonerde	10,879
Kalkerde	10,876
Kali	1,958
Natron	0,147
Kohlensäure	0,440
	<hr/>
	100,000.

4. Einem Thonerde=Magnesia=Silikate; die Zusammensetzung desselben war, wie folgt:

Wasser bei 100° flüchtig . . .	16,79
" " schwachem Glühen flüchtig	8,99
Kieselsäure	45,65
Thonerde	7,88
Magnesia	14,03
Kali	6,02
Natron	0,64
	<hr/>
	100,000.

Diese Silikate wurden theils für sich auf ihre Absorptions-Fähigkeit geprüft, theils der genannten Erde zugesetzt und so untersucht, ob das Absorptions-Vermögen derselben dadurch erhöht werde.

Zur Untersuchung der Frage, ob durch theilweise Zerstörung und Entfernung der löslichen Silikate das Absorptions-Vermögen der Erden verringert werde, zog ich Untergrund 74 mit Salzsäure von verschiedener Concentration aus, wodurch eine Zerlegung der Silikate und Entfernung der Basen bewirkt wurde; ein Theil des so erhaltenen Rückstandes diente für sich zu den Versuchen, ein anderer Theil wurde noch vorher mit kohlen-saurem Natron zur Entfernung der abgeschiedenen Kieselsäure digerirt und dann zu dem Versuche angewendet.

Die Resultate dieser Versuche zeigt die folgende Tabelle.

a. Versuche mit

100	Grm.	rohe Erde		
100	"	Erde + 1,7666	Grm. wasserfreiem Natronsilikat	
100	"	Erde + 3,5332	Grm. wasserfreiem Natronsilikat	
100	"	Erde + 0,786	Grm. wasserfreiem Natronsilikat	
100	"	Erde + 1,16	Grm. wasserfreiem Natronsilikat	
100	"	rohe Erde		
100	"	Erde + 3,0512	Grm. des ersten wasserfreien Kalkerdesilikates	
100	"	Erde + 4,5768	Grm. des ersten wasserfreien Kalkerdesilikates	
100	"	Kalkerdesilikat		
100	"	des 2ten Thonerde-Kalkerde-Silikats		
100	"	"	"	"
100	"	des Thonerde-Magnesia-Silikats		
100	"	mit $\frac{1}{20}$	$\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ ausgezogene Erde	.
100	"	" $\frac{1}{15}$	"	"
100	"	" $\frac{1}{10}$	"	"
100	"	" $\frac{1}{5}$	"	"
100	"	" $\frac{1}{15}$	"	und dann mit kohlenfaur. Natron digerirte Erde
100	"	" $\frac{1}{5}$	"	und dann mit kohlenfaur. Natron digerirte Erde

b. Versuche mit

100	Grm.	des 2ten Thonerde-Kalkerde-Silikats
100	"	des Thonerde-Magnesia-Silikats

Diese Zahlen thuen dar, daß einerseits wasserhaltige Silikate Absorptions-Vermögen in bedeutendem Grade besitzen und andererseits, daß durch Hinzufügung derselben zur Ackererde das Absorptions-Vermögen dieser erhöht wird.

47.

Chlorkalium.

100 Ccm. der Chlorkalium= Lsg. enthalten an Kali. Grm.	Gelöst blieben an Kali. Grm.	Also wurde absorbirt an Kali. Grm.	Bemerkungen.
0,1312	0,0658	0,0654	
0,1312	0,0647	0,0678	
0,1312	0,0592	0,0720	
0,4390	0,2606	0,1784	
0,4390	0,2560	0,1830	
0,4390	0,2706	0,1684	
0,4390	0,2240	0,2150	
0,4390	0,2050	0,2310	} Die Menge der entsprechen= den Lösung würde hier 1220 Ccm. betragen. Lösung 1220 Ccm. dito dito dito
0,4390	3,8170	1,5360	
0,2970	1,5140	1,6770	
0,4950	3,6200	2,7630	
0,5250	5,9260	0,4800	
0,1312	0,0792	0,0520	
0,1312	0,0792	0,0520	
0,1312	0,0792	0,0520	
0,1312	0,0759	0,0553	
0,4390	0,2148	0,2242	
0,4390	0,2122	0,2268	

Chlorammonium.

100 Ccm. Chlor= ammonium enthalten an Ammonium. Grm.	Gelöst blieb an Ammonium. Grm.	Also wurde absorbirt an Ammonium. Grm.	Bemerkungen.
0,159	1,205	1,180	Lösung = 1500 Ccm. " = 1600 Ccm.
0,159	2,344	0,200	

Das Thonerde=Magnesia-Silikat zeigt verhältnismäßig nur ein geringes Absorptions-Vermögen; ob der hohe Kali-Gehalt desselben der Grund hiervon ist, oder ob die Magnesia-Silikate überhaupt nur geringes Absorptions-Vermögen besitzen, ist durch diese Versuche noch nicht zu entscheiden.

Durch Entfernung eines Theils des Silikats ist das Absorptions-Vermögen nicht, wie erwartet werden konnte, vermindert, sondern sogar vermehrt worden. Diese so wider Erwarten erhaltenen Facta, glaube ich, ohne mich eines Irrthums schuldig zu machen, dahin erklären zu können, daß durch die Behandlung der Erde mit Salzsäure und kohlensaurem Natron die Oberfläche derselben bedeutend vergrößert, die physikalischen Eigenschaften derselben also durchaus verändert worden sind, und dies das erhöhte Absorptions-Vermögen veranlaßt hat.

Für die größere Zertheilung der einzelnen Bestandtheile der Erde, vor allem der vollständigen Trennung der feinen Thon-Partikelchen von dem Sande, spricht unter anderm die Thatsache, daß bei den Versuchen so sehr schwer klare Filtrate, was der Fall sonst stets gewesen, zu erhalten waren. Hier mußten concentrirtere Chlorkalium-Lösungen angewendet werden, um die Untersuchungen zu ermöglichen, während früher auch bei den verdünntesten Lösungen sich sogleich klare Filtrate ergaben.

γ. Wie wirken die Silikate bei der Absorption?

Die soeben angeführten Versuche haben dargethan, daß die Silikate einen wichtigen Einfluß bei der Absorption ausüben; es ist daher weiter zu untersuchen, wie dieselben diesen Einfluß äußern? Ob nämlich die Wirkung der Silikate eine chemische oder wenigstens theilweise nur eine mechanische, auf Flächenanziehung beruhende, ist.

Zur Entscheidung dieser Frage bestimmte ich bei einer Reihe der obigen Versuche die für die absorbirten in Lösung getretenen Basen, indem ich dabei von der Voraussetzung ausging, daß die Menge der in Lösung getretenen Basen die Menge der bei der Absorption chemisch gebundenen ausdrückt. Entspricht nach den Atomgewichten die Menge der gelösten Basen der der absorbirten Basis, so ist die Bindung jener entschieden eine chemische gewesen; ist dagegen die Menge der absorbirten größer, so muß ein Theil der absorbirten Basis mechanisch fixirt worden sein. Von den zu dem Zwecke angestellten Versuchen, führe ich hier nur folgende an:

Bei einem Versuche mit dem ersten Thonerde-Kalkersilikate, waren von 4,1 Grm. desselben aus 50 Ccm. Chlorkaliumlösung 0,064 Kali absorbirt. An Kalkerde wurden in der Lösung 0,0347 Grm. gefunden; bei dem Silikate waren ferner an Kalkerde 0,0047 Grm. verblieben, welche bei der Extraktion mit 280 Ccm. Wasser in Lösung traten, somit betrug die Gesamtmenge des gelösten Kalkes 0,0394 Grm. Das Silikat enthielt aber noch etwas kohlensauren Kalk und zwar in den 4,1 Grm. 0,1607 Grm. desselben. Eine Chlorkalium-Lösung löst aber etwas kohlensauren Kalk, daher mußte ferner bestimmt werden, wie viel Kalkerde von der benutzten Chlorkaliumlösung in Lösung übergeführt werde. Bei dem Versuche wurde

gefunden, daß 50 Ccm. der Lösung von 100 Grm. kohlensaurem Kalk 0,239 Grm. lösen, somit sind also von den 0,1607 0,00038 Grm. Kalkerde gelöst worden. Ferner löst reines Wasser auch noch etwas kohlensauren Kalk; da nun bei der weiteren Behandlung des Silikats nach der Absorption mit 280 Ccm. Wasser noch 0,0047 Grm. Kalkerde gelöst worden, so kommt ein Theil dieses Kalkes auf Rechnung der lösenden Kraft des Wassers auf kohlensauren Kalk und zwar wie der Versuch ergab 0,00035; es sind also von der Gesamtmenge des in Lösung getretenen Kalkes 0,00073 Grm. abzuziehen und es ergeben sich 0,0387 Grm. als diejenige Kalkmenge, welche an Stelle des absorbirten Kalis in Lösung getreten sind. Diese 0,0387 Grm. Kalkerde entsprechen 0,06405 Grm. Kali, somit stimmt also die Menge des gelösten Kalkes genau mit der Menge des absorbirten Kalis überein, woraus folgt, daß bei dem Kalkerdesilikat die Absorption ein rein chemischer Proceß gewesen ist.

Bei einem 2. Versuche wurden 3,526 Grm. des Silikats angewendet, welche, wie oben angegeben, 0,0596 Grm. Kali absorbirten; hier betrug die Menge des Kalkes in der Lösung 0,0302; ferner traten bei der darauf folgenden Extraktion des Silikats mit 400 Ccm. Wasser noch 0,0067 Grm. Kalkerde in Lösung; die Gesamtmenge des gelösten Kalkes beträgt also 0,0369, welche noch um die Kalkmenge zu verringern ist, die durch die Chlorkaliumlösung und durch das Wasser gelöst worden sind, nämlich um 0,0006, somit bleiben also 0,0363 Grm. Kalkerde übrig, welche durch die Absorption in Lösung übergeführt worden sind. Diese 0,0363 Grm. Kalkerde entsprechen 0,0589 Grm. Kali, somit findet auch hier vollkommene Uebereinstimmung zwischen der Menge des in Lösung getretenen Kalkes und der Menge des absorbirten Kalis statt.

Um zu zeigen, daß keine wechselseitige Umsezung zwischen der geringen Menge von kohlensaurem Kalk, welche das Silikat enthielt und der Chlorkaliumlösung stattgefunden hatte, deren zufolge Kalkerde in Lösung getreten sei, wurde das Silikat nach Beendigung des Versuchs auf seinen Gehalt an kohlensaurem Kalk geprüft, und gefunden, daß eine solche Zersezung, wie vorauszusehen, nicht erfolgt war.

Die beiden Versuche zeigen somit, daß die Absorption bei dem Kalksilikat ein chemischer Proceß ist, daß das absorbirte Kali an Stelle des gelösten Kalkes in die Verbindung eingetreten ist.

Weiter war dann zu untersuchen, wie sich die absorbirte Basis gegen die lösende Kraft des Wassers verhalte. War die Bindung eine chemische, so mußte zur Löslichmachung derselben sicherlich bedeutend mehr Wasser erforderlich sein, als wenn die Absorption nur eine mechanische gewesen wäre.

Von den zur Bestimmung dieser Frage angestellten Versuchen nenne ich hier folgende:

Zu dem Zwecke wurden die 4,1 Grm. Silikat, welche 0,064 Grm. Kali absorbirt hatten, und die 3,526 Grm. desselben, welche 0,0596 Grm. Kali aufgenommen hatten, mit Wasser extrahirt, um zu sehen, ob Wasser das absorbirte Kali — wenigstens theilweise — zu lösen im Stande sei. Bei dem ersten Versuche wurden 280 Ccm. und beim zweiten 400 Ccm. Wasser angewendet. In den 280 Ccm. wurden an Kali 0,0762 Grm. gefunden. Bei dem Absorptions-Versuche waren 65 Ccm. Lösung mit dem Silikate in Berührung getreten, 48 Ccm. aber durch Filtration nur entfernt, mithin bei

demselben noch 17 Ccm. verblieben, welche 0,0396 Grm. Kali enthielten, da in den 65 Ccm. nach der Absorption noch 0,1515 Grm. Kali gefunden worden waren. Diese 0,0396 Grm. Kali von den 0,0762 Grm. gefundenen Kali abgezogen, ergibt diejenige Kalimenge, welche von den 280 Ccm. Wasser gelöst sind: dies macht 0,0366. Zugleich wurde zur Kontrolle die Chlormenge bestimmt, welche in den 280 Ccm. enthalten war, um so sicher zu sein, daß die 0,0396 Grm. Kali wirklich als Chlorkalium bei dem Silikate verblieben waren. An Chlor wurde 0,0301 Grm. gefunden, welche 0,0403 Grm. Kali entsprechen, mithin sind die 0,0396 Grm. Kali in der That bei dem Silikate als Chlorkalium gewesen.

Beim zweiten Versuche wurden in den 400 Ccm. Auszug 0,0741 Grm. Kali gefunden. Hier waren von der ersten Lösung, deren Menge 56 Ccm. mit einem Kaligehalte von 0,1289 Grm. ausmachte, 12,5 Ccm. bei dem Silikate verblieben; diese enthielten noch 0,0288 Grm. Kali, so daß also die 400 Ccm. Wasser 0,0453 Grm. Kali gelöst hatten. Die Chlorbestimmung ergab an Chlor in den 400 Ccm. 0,0237 Grm., welche 0,0316 Grm. Kali entsprechen.

Aus diesen Versuchen folgt somit, daß die Verbindung, in welche das Kali mit dem Silikate tritt, eine derartige ist, daß Wasser dasselbe allmählich wieder in Lösung überzuführen vermag.

Ich hebe nochmals hervor, daß bei dem ersten Versuche mit 4,1 Grm. Silikat von 0,064 Grm. absorbirten Kali durch 280 Ccm. 0,0366 Grm. und beim zweiten Versuche mit 3,526 Grm. Silikat von 0,0596 Grm. absorbirten Kali durch 400 Ccm. 0,0453 Grm. in Lösung übergeführt wurden. Berechnet man die beim zweiten Versuche gelöste Menge Kali auf 4,1 Grm. Silikat, so ergibt dies 0,0526 Grm. Berechnet man ferner nach dem ersten Versuche, wie viel Wasser zur Lösung dieser 0,0526 Grm. Kali erforderlich sind, so erhält man 402 Ccm. Wasser. Bei den Versuchen ist also die Uebereinstimmung zwischen der Menge des gelösten Kali und der hierzu erforderlichen Wassermenge eine vollständige. Zur Lösung von 1 Theil gehören somit 8830 Ccm. Wasser.

A. Beher liefert durch seine Arbeiten über die Absorption, welche ich im ersten Abschnitte mehrfach zu besprechen Gelegenheit gehabt habe, weitere Belege für die soeben entwickelte Ansicht über die Art der Absorption der Basen, wenn er auch bei seiner Betrachtung hierüber nur zu dem Ausspruche gelangt, daß nicht ein Bestandtheil der von ihm untersuchten Bodenarten, sondern daß es mehrere in den wasserhaltigen Silikaten vorkommende, zu gleicher Zeit wirkende Körper sind, welche die Absorptionsfähigkeit (hier zunächst für Kali) bedingen.

Bei seinen Absorptions-Versuchen mit den pag. 315 in ihrer Zusammensetzung charakterisirten 7 Böden, bei welchen er mit einer Chlorkaliumlösung, die 2,355 Grm. Kali (Tabelle 48) und einer Chlorammoniumlösung, welche 0,850 Grm. Ammoniak enthielt (Tabelle 49), in der früher angegebenen Art operirte, erhielt er die folgenden Resultate:

A.

Tabelle 48.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Absorbirtes Kali . .	0,261	0,179	0,289	0,451	0,280	0,449	0,574
Gelöster Kalk .	0,132	0,093	0,161	0,267	0,179	0,285	0,331
Gelöste Magnesia .	0,0115	?	0,0169	0,0297	0,0169	0,0196	?

B.

Tabelle 49.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Absorbirtes Ammoniak .	0,074	0,050	0,102	0,176	0,094	0,182	0,220
Gelöster Kalk .	0,113	0,084	0,160	0,258	0,157	0,275	0,356
Gelöste Magnesia .	0,0124	?	0,016	0,0304	0,016	0,0205	?

Eine weitere Bestätigung dafür, daß wasserhaltige Silikate ein bedeutendes Absorptions-Vermögen besitzen, verdanken wir Eichhorn.

Eichhorn benutzte eine Reihe natürlicher wasserhaltige Silikate und einige andere Materialien zu Absorptions-Versuchen mit einer Lösung von Chlorammonium, welche in 100 Ccm. 0,9572 Ammoniumoxyd enthielt. Die Zeitdauer der Berührung zwischen dem fein gepulverten Mineral und der Lösung betrug in der Regel 10 Tage. Meistens wurden 10 Grm. Substanz mit 50 Ccm. der betreffenden Lösung, bei einigen Versuchen auch 5 Grm. mit 25, resp. 20 Grm. mit 100 Ccm. in Berührung gelassen.

Die mit der Chlorammoniumlösung erhaltenen Resultate sind auf Tabelle 50 zusammengestellt, zu der noch Folgendes bemerkt werden muß. Eichhorn bezeichnet das betreffende Mineral als „veränderten“ Phonolith, Leucitophyr u. s. w., wenn es im gepulverten Zustande mit Kalkhydrat vermischt unter Wasser 12 Monate lang der Einwirkung des Kalkes ausgesetzt gewesen war. Nachdem dann die Flüssigkeit vom Gestein abfiltrirt und gut ausgewaschen war, wurde es mit Wasser übergossen und Kohlensäure durch die Masse so lange geleitet, bis das noch vorhandene Kalkhydrat in kohlensauren Kalk übergeführt war; alsdann wurde wieder gut ausgewaschen. Hierdurch waren Phonolith und Leucitophyr so verändert, daß sie durch verdünnte Salzsäure leicht unter Abscheidung von galatinirender

Kieselsäure und Auflösung der Basen zerlegt wurden; Feldspath war zum Theil gelöst, die sogenannten veränderten Gesteine enthielten hiernach noch eine gewisse Menge kohlen-sauren Kalkes. Aus dem Grunde ermittelte Eichhorn zunächst ob und wie viel Ammoniak von kohlen-saurer Kalkerde absorbiert werde; er fand für 100 Theile bei 100° getrocknetem kohlen-sauren Kalk 0,167 Grm. Ammoniumoxyd.

Tabelle 50.

Nr. des Versuches.	Namen des Mineralcs.	Absorbiertes Ammoniumoxyd.	Gemisch gebundenes Wasser.
1.	Chabasit . . .	2,871	20,18
2.	Geglühter Chabasit	0,036	0,00
3.	Stilbit	2,216	16,30
4.	Prehnit	0,038	4,80
4.	Prehnit	0,025	4,80
5.	Phonolith . . .	0,717	5,18
6.	Geglühter Phonolith	0,047	0,00
16.	Beränderter Phonolith	1,150	7,48
7.	Leucitophyr . . .	0,125	2,65
17.	Beränderter Leucitophyr	1,061	4,96
8.	Feldspath	0,021	0,19
18.	Beränderter Feldspath	0,142	3,44
9.	Kaolin . . .	0,129	10,46
10.	Geglühter Kaolin	0,100	0,00
11.	Hohofenschlacke . . .	0,131	0,08
12.	Lehm . . .	0,320	2,31
13.	Lehm mit Salzsäure und Natronlösung behandelt	0,056	0,86
14.	Geglühter Lehm	0,086	0,00

§ 113.

b. Versuche zur Erforschung des Absorptions-Vermögens der Humuskörper.

Von Hautenberg war ferner durch seine Versuche dargethan, daß der Humus ein bedeutendes Absorptions-Vermögen besitze. Um nun die Rolle, die der Humus hierbei spielt, näher zu studiren, um festzustellen, wie er hierbei wirkt u. s. w. sind von mir folgende Versuche angestellt worden.

a. Die Versuche.

Ich nahm Torf und prüfte denselben zunächst auf sein Absorptions-Vermögen gegen Kali und Ammoniak, dann wurde ein

anderer Theil desselben mit Wasser zur Entfernung der löslichen Humus Säuren extrahirt und der Rückstand dann ebenfalls wie der rohe Torf den Absorptions-Versuchen unterworfen; ferner wurde eine weitere Portion mit heißer Salzsäure extrahirt, wodurch hauptsächlich die darin löslichen unorganischen Stoffe ausgezogen, und dann der Rückstand vor Allem aus den Humusstoffen und etwas Sand bestehend, zu den Absorptions-Versuchen benutzt. Eine andere Portion wurde weiterhin mit kohlensaurem Natron digerirt und gut ausgewaschen und einerseits dieser Rückstand, aus den indifferenten Humuskörpern nebst den Mineralstoffen des Torfes bestehend, andererseits dieser nachdem er vorher mit Salzsäure zur Entfernung der löslichen Mineralstoffe digerirt war, so daß nur die indifferenten Humuskörper mit etwas Sand und Kieselsäure zurückblieben und schließlich die durch kohlensaures Natron gelösten Humus Säuren, nachdem sie durch Salzsäure gefällt und ausgewaschen waren, den Absorptions-Versuchen unterworfen.

Ferner bemerke ich noch, daß alle diese genannten Materialien mit Wasser gesättigt dem Versuche unterworfen wurden, weil sie vorher getrocknet, theilweise sehr schwer Wasser aufnehmen und überhaupt in ihrem Verhalten durch das Trocknen geändert werden.

100 Grm. des mit Wasser gesättigten Materials wurden mit 100 Ccm. der betreffenden Absorptions-Flüssigkeit in Berührung gebracht; Versuchsdauer 3 Tage.

Die erhaltenen Resultate sind mit allen andern Daten auf Tabelle 51 zusammengestellt:

Bezeichnung der zu den Absorptions-Versuchen benutzter Materialien.	Die Absorptions-Flüssigkeit enthält		In der Flüssigkeit waren gelöst			
	an Kali, resp. Ammon.	an Chlor.	an Kali, resp. Ammoniak.	an Kalk-erde.	an Mag-nesia.	an Chlor.
1. Roher Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,2170	0,0697	0,0129	0,2271
	0,1590 Ammoniak.	0,331	0,0758	0,0616	0,0112	0,2223
2. Mit heißem Wasser extrahirter Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,2216	0,0602	0,0162	0,2253
	0,1590 Ammoniak.	0,331	0,0724	0,0490	0,0118	0,2114
3. Mit heißer Salzsäure extrahirter Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,2555	—	—	0,2082
	0,1590 Ammoniak.	0,331	0,0848	—	—	0,2069
4. Mit kohlensaurem Natron extrahirter Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,1776	—	—	0,2256
	0,1590 Ammoniak.	0,331	?	—	—	0,1828
5. Die in kohlensaurem Natron löslichen Stoffe des Torfs; die Humus-säuren.	0,5232 Kali.	0,392	0,2460	—	—	0,2060
	0,1590 Ammoniak.	0,331	0,0888	—	—	0,1950
6. Mit kohlensaurem Natron und Salzsäure extrahirter Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,2907	—	—	0,2261
	0,1590 Ammoniak.	0,331	0,0899	—	—	0,1754

Nachdem diese Stoffe die angeführten Mengen der Basen absorbiert hatten, wurde weiter untersucht, wie fest sie dieselben hielten, wie viel Wasser von denselben zu lösen vermochte, da die Menge der von Wasser gelösten Basis mit ein Urtheil über die

51.

Somit absorbiert		Dem ab=forbirten Chlor entspricht an Kali, resp. Ammoniak.	Die zu d. Versuchen benutzten Materialien enthalten:							
an Kali, resp. Ammoniak.	an Chlor.		an Was=fer.	an orga=nischer Sub=stanz.	an Asche.	an Eisenoxyd und Thonerde.	an kohlen=saurem Kalt.	an kohlen=saurer Magnesia.	an Kie=fel=säure.	an Sand
0,3062	0,1649	0,2203	66,75	31,65	1,60	0,187	1,184	0,024	0,015	0,315
0,0832	0,1087	0,0529								
0,3016	0,1667	0,2227	75,94	22,97	1,09	0,163	0,836	0,033	0,018	0,172
0,0866	0,1196	0,0571								
0,2677	0,1838	0,2456	74,51	25,30	0,19	—	Spuren.	0,012	0,165	
0,0742	0,1214	0,0579								
0,3454	0,1664	0,2223	81,98	9,50	2,52	0,305	1,857	0,079	0,070	0,314
?	0,1482	?								
0,2772	0,1860	0,2485	92,31	7,67	0,02	—	Spuren.	—	—	
0,0702	0,1360	0,0649								
0,2325	0,1659	0,2217	86,57	12,95	0,48	0,229		—	0,247	
0,0691	0,1581	0,0635								

Natur der Bindung zu geben im Stande war. Die Versuchsdauer war auch hier 3 Tage; das andere giebt Tabelle 52, zu der ich noch bemerke, daß ich, obgleich alle durch das Wasser gelösten Stoffe bestimmt wurden, hier nur die Mengen der gelösten Basis anführe.

Tabelle 52.

Bezeichnung des Versuchs- Materials.	Menge des an- gewen- deten Wassers Ccm.	Bei dem Torfe u. ver- bliebene Basis.	Un das Wasser abgege- bene Basis.	Somit von dem Wasser gelöste Basis.	Die Menge der ab- sorbirten Basis betrug.	
1. Rober Torf. }	Kali.	150	0,0564	0,1870	0,1306	0,3062
	Ammoniak.	150	0,0186	0,0466	0,0260	0,0832
2. Mit Salzsäure extrahirter Torf. }	Kali.	150	0,0268	0,1148	0,0880	0,2677
	Ammoniak.	150	0,0085	0,0466	0,0381	0,0742
3. Humus säuren. }	Kali.	150	0,0750	0,1959	0,1209	0,2772
	Ammoniak.	150	0,0142	0,0560	0,0418	0,0702
4. Mit kohlenf. Natron u. Salz- säure extrahirter Torf. }	Kali.	200	0,0236	0,2132	0,1896	0,2325
	Ammoniak.	200	0,0089	0,0514	0,0425	0,0691

Die Zahlen zeigen, daß die Bindung eines bedeutenden Theils der absorbirten Basis keine sehr innige gewesen ist, indem an die $1\frac{1}{2}$ oder 2fache Menge des Wassers, in welchem die absorbirten Basen vor der Absorption gelöst, fast $\frac{1}{3}$ bis weit über die Hälfte derselben wieder abgegeben ist.

β. Die Schlüsse aus diesen Versuchen.

Aus diesen Versuchen mit den Torf-Präparaten lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Der Torf besitzt ein nicht unbedeutendes Absorptions-Vermögen.

2. Die absorbirten Basen sind theils chemisch, theils mechanisch gebunden.

3. Bei diesem Torf übertrifft das auf Flächenanziehung beruhende Absorptions-Vermögen das durch chemische Bindung hervorgebrachte bedeutend.

4. Die durch Flächenanziehung gebundenen Basen werden in der Verbindung, in welcher sie zum Boden gebracht sind, festgehalten, also das Kali als Chlorkalium, das Ammoniak als Chlorammonium.

5. Zur chemischen Bindung ist die Gegenwart von Carbonaten erforderlich, welche vor der Absorption die Zerlegung der Salze —

wenn dieselben nicht als kohlensaure zum Boden gebracht sind — bewerkstelligen müssen; resp. die Gegenwart von humusfauren Salzen.

6. Bei der chemischen Bindung der Basen sind vor Allem die Humusfauren thätig.

7. Für den chemischen Act bei der Absorption sprechen die in Lösung getretenen Basen.

8. Für den mechanischen Act das zurückgehaltene Chlor und die Leichtigkeit, mit welcher ein großer Theil der absorbirten Basis wieder gelöst werden kann.

Daß die Humuskörper eine nicht unbedeutende Absorptionsfähigkeit besitzen, zeigen ferner folgende Versuche von Eichhorn, welche er in derselben Art, wie bereits pag. 361 angegeben, ausführte.

Zu diesen Versuchen wurden reine Humusfaure, humusfaurer Kalk, Torf und mit verdünnter Salzfäure behandelter Torf benugt. Die betreffenden Substanzen auf bei 110° C. getrocknete, berechnet:

100 Grm. reine Humusfaure absorbirten	0,186	Ammoniumoxyd
100 " humusfaurer Kalk absorbirten	1,250	"
100 " lufttrockner Torf	1,734	Kali*) "
100 " mit Salzfäure behandelter Torf	0,731	"

§ 114.

c. Erklärung der Absorptions-Erscheinungen nach den soeben beschriebenen Versuchen.

Wir haben die Versuche, welche zur Beantwortung der gestellten Frage bis jetzt gemacht worden sind, kennen gelernt, und haben diese jetzt gemeinschaftlich zur Erklärung der Absorptions-Erscheinungen des Bodens zu verwenden. Nach meiner Ansicht ergiebt sich aus denselben, daß die Absorption auf 2fache Weise erfolgt und zwar:

1. durch chemische Bindung vermöge der wasserhaltigen Silikate und der Humusstoffe des Bodens,
2. durch Flächenanziehung.

1. Der chemische Act bei der Absorption.

a. Die größte Menge der absorbirten Basis wird auf chemischem Wege gebunden und zwar spielen hierbei bei der verhältnißmäßig geringen Menge der Humusfauren, welche unsere Ackererde enthalten, die wasserhaltigen Silikate die Hauptrolle. Die chemische Bindung der Basen ist bewiesen:

*) 100 Gcm. des Chlorkalium enthielt 1,230 Grm. Kal.

α. Durch die in Lösung getretenen Basen, deren Menge bei den Versuchen mit den reinen Silikaten der Menge der absorbirten Basis äquivalent war.

β. Durch die Kraft, mit welcher die absorbirte Basis von der Erde zurückgehalten wird, so daß eine viel größere Menge von Wasser zur Lösung derselben erforderlich ist, als die Menge beträgt, in welcher dieselbe vor der Absorption gelöst war.

γ. Durch die Thatsache, daß Salzsäure die absorbirten Basen vollständig wieder in Lösung überzuführen vermag.

b. Für die Absorption der Basen und ihrer Salze durch die Silikate des Bodens ist die Anwesenheit kohlen-saurer Salze im Boden nicht erforderlich.

c. Bei der Bindung der Basen durch den Humus muß aber, wenn dieselben nicht als kohlen-saure Salze mit dem Boden in Berührung kommen, eine vorherige Zerlegung durch Carbonate erfolgen, oder die Humus-säuren müssen an Basen, wie Kalkerde zc. gebunden im Boden vorhanden sein.

2. Der mechanische Act der Absorption.

a. Daß ein Theil der absorbirten Basis nur durch Flächen-anziehung vom Boden festgehalten wird, zeigen meine Versuche mit den Torf-Präparaten, sowie mit der Erde, aus welcher die Silikate theilweise entfernt waren und bei welchen durch die Behandlung mit Salzsäure und kohlen-saurem Natron die Oberfläche bedeutend vermehrt worden war, sehr schön.

b. Die durch Flächen-anziehung fixirten Basen werden vor Allem in der Verbindung, in welcher sie mit dem Boden in Berührung gebracht sind, zurückgehalten.

J. W. Knop's Erklärung.

Im Gegensatz zu der soeben entwickelten Ansicht, daß die Absorptions-Fähigkeit der Ackererde im engen Zusammenhange mit dem Gehalte derselben an wasserhaltigen Silikaten steht, ist Knop, der 1865 ebenfalls aussprach: „Die Silikate und die phosphor-saure Thonerde binden die Basen, die Hydrate (der Sesquioxyde) die Säuren,“ später der Ansicht, daß nicht die Silikate, sondern die Silikat-basen im Großen und Ganzen vor Allem das Absorptions-Vermögen der Erden bedingen. Knop sagt: „Im Allgemeinen läßt sich der Zusammenhang, in welchem die Absorption zu den Bestandtheilen der Ackererden steht, mit folgenden Worten aussprechen:

„Die Absorption steigt mit der Höhe der aufgeschlossenen Silikatbasen, auch mit der des Glühverlustes, und mit der Zunahme der Sesquiorxyde im Silikat, wenn mit diesen letzteren zugleich die Menge der aufgeschlossenen Silikatbasen sich zu höheren Procentfäßen erhebt, und es ist also vorzugsweise die Absorption eine Folge der Verwitterung der Sesquiorxydsilikate.“

Der Ausdruck „Silikatbasen“ läßt zunächst annehmen, daß die Differenz zwischen der obigen Erklärung und der von Knop darin bestehe, daß nach jener die Silikate als solche, nach dieser dagegen nur die die wasserhaltigen Silikate bildenden Basen die hauptsächlichste Ursache der Absorption seien. Dies ist jedoch nicht ganz richtig, da nach der Art, wie Knop die Silikatbasen bestimmt, zu denselben nicht nur die an Kieselsäure gebundenen Basen, sondern auch die Sesquiorxyde (Eisenoxyd, Thonerde), sowie die alkalischen Erden, soweit sie nicht als kohlen- und schwefelsaure Verbindungen in der Erde enthalten sind, und die Alkalien gehören. Daß Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat Absorptions-Vermögen für die Basen besitzen, geht aus den oben mitgetheilten Versuchen hervor und ist ja auch dadurch, daß die wasserhaltigen Silikate vor Allem die Absorption bedingen sollen, nicht als unrichtig hingestellt worden. Der Begriff „Silikatbasen“ ist, wie erwähnt werden muß, von Knop nur etwas weiter gefaßt, als dies die Benennung selbst ergiebt. Knop stützt seine Ansicht auf eine Reihe von Versuchen, welche in seinem Laboratorium, von ihm, Bieder mann, Strehl und Frey angestellt sind. Ohne hier die vollständigen Analysen der zu den Versuchen benutzten Erden angeben zu können, habe ich in der folgenden Tabelle die in den Erden nach den Analysen vorhandenen Silikatbasen und die von den betreffenden Erden absorbirten Ammoniakmengen zusammengestellt. Bemerket sei vorher noch, daß bei den Absorptions-Versuchen — diese von Knop, Strehl und Frey, von Bieder mann die meisten Analysen der von Knop benutzten Erden, — 100 Grm. Feinerde mit 5 Grm. Schlemmkreide und 200 Ccm. einer Salmiaklösung, von der 1 Ccm. = 1 Ccm. Stickstoff bei 0° und 76 Cm. Barometerstand, 48 Stunden in Berührung gelassen wurden. Die für die Silikatbasen gefundenen Zahlenwerthe sind der besseren Anschaulichkeit wegen mit 10 multiplicirt.

I.	II.	III.	IV.	
Nr. der Erden.	Absorption.	Aufgeschlossene Basen.	Verhältniß der Zahlen unter II zu denen unter III.	
1	8	18	1 : 2,25	} Knop und Bieder mann.
2	8	20	1 : 2,50	
3	22	38	1 : 1,73	
4	28	55	1 : 1,96	
5	31	28	1 : 0,90	
6	33	44	1 : 1,33	
7	36	35	1 : 0,97	
8	36	48	1 : 1,33	
9	38	22	1 : 0,58	

I.	II.	III.	IV.	
Nr. der Erden.	Absorption.	Aufgeschlossene Basen.	Verhältniß der Zahlen unter II zu denen unter III.	
10	46	41	1 : 0,89	} Knop und Bieder- mann.
11	46	47	1 : 1,02	
12	49	69	1 : 1,41	
13	50	16	1 : 0,32	
14	57	80	1 : 1,40	
15	58	45	1 : 0,78	
16	70	53	1 : 0,76	
17	75	92	1 : 1,23	
18	78	115	1 : 1,47	
19	80	80	1 : 1,00	
20	100	80	1 : 0,80	
21	104	268	1 : 2,58	
22	105	93	1 : 0,89	
23	135	134	1 : 0,99	
24	93	99,4	1 : 1,07	} Strehl.
25	72	49,9	1 : 0,69	
26	70	71,5	1 : 1,02	
27	51	36,0	1 : 0,71	
28	21	16,8	1 : 0,80	
29	17	7,23	1 : 0,43	
30	32	114,47	1 : 3,58	
31	37	71,16	1 : 1,92	
32	40	76,68	1 : 1,92	
33	52	47,69	1 : 0,92	
34	52	67,90	1 : 1,31	} Frey.
35	61	68,61	1 : 1,12	
36	63	199,31	1 : 3,16	
37	71	77,78	1 : 1,10	
38	87	342,42	1 : 3,94	
39	90	269,83	1 : 3,00	
40	101	181,86	1 : 1,80	

Diese Belege scheinen gerade nicht dafür zu sprechen, daß die Absorption „unzweifelhaft“ im engeren Zusammenhange mit dem Gehalte der Erden an Silikatbasen steht. Die Zahlen der 4ten Columne, welche das Verhältniß zwischen der Größe der Absorption und dem Gehalte der betreffenden Erden an Silikatbasen ausdrücken, schwanken denn doch zwischen zu großen Grenzen: wir finden z. B. 1 : 0,32 und 1 : 3,94. Ich glaube deshalb, daß man mit mehr Berechtigung bis jetzt noch die wasserhaltigen Silikate als vor Allem die Absorption bedingend hinstellen muß. Die Bestimmung der Menge der Silikate ist allerdings eine wesentlich umständlichere, als die der Silikatbasen nach Knop's Methode.

115.

B. Der Säuren.

Was die Art der Absorption der Säuren anbetrifft, so handelt es sich hier nur um die der beiden wichtigsten, nämlich um die der Phosphorsäure und Kieselsäure.

1. Phosphorsäure.

Die Absorption der Phosphorsäure ist ein chemischer Proceß, abhängig von dem Gehalte der Erde an Eisenoxyd, Thonerde, Magnesia und Kalkerde.

Bei meinen Versuchen über die Absorption der Phosphorsäure aus phosphorsaurem Natron, wo also die Phosphorsäure an eine Basis gebunden war, zu welcher die Erden verhältnißmäßig ein geringes Absorptions-Vermögen besitzen, zeigte sich die Art der Absorption sehr schön. Während nämlich der reine wässerige Auszug der Erde fast farblos, während ferner das Filtrat von der Erde nach ihrer Behandlung mit der schwefelsauren Kali-, der schwefelsauren Magnesia-Lösung und dem Kalkwasser ebenfalls farblos war, so zeigten sich dagegen die Filtrate von derselben Erde nach ihrer Behandlung mit phosphorsaurem Natron stets gefärbt, und zwar von hellgelb bis zu dunkelbraun, je nach der Menge von phosphorsaurem Natron, welche mit der Erde in Berührung gewesen war oder anders ausgedrückt, je nach der Menge der absorbirten Phosphorsäure. Die Erscheinung ist, wie ich glaube, sicher nur in der Art zu erklären, daß, während die Phosphorsäure von den oben genannten Basen, vor allem der Thonerde und dem Eisenoxyd, gebunden und so das Natron frei wurde, dieses auf den Humus der Erden einwirkte, sich mit den Humus Säuren verband, und so mit diesen in Lösung trat. Die große Schnelligkeit mit welcher dieser Austausch stattfindet, zeigen die in einer Stunde absorbirten Mengen der Phosphorsäure. Wir sehen dies ferner aus folgenden Beispielen. Reibt man in einer Porzellanschale Alaun (schwefelsaure Thonerde + schwefelsaures Kali) und phosphorsaures Natron zusammen, so erhält man nach der Behandlung mit Wasser phosphorsaure Thonerde, während schwefelsaures Kali und Natron gelöst bleiben. Behandelt man auf dieselbe Weise ein lösliches Eisenoxydsalz und phosphorsaures Natron, so bildet sich phosphorsaures Eisenoxyd und das betreffende Natronsalz. Nimmt man ein Magnesiumsalz und phosphorsaures Natron, so entsteht phosphorsaure Magnesia und das betreffende Natronsalz; dieselbe Umsehung tritt bei einem Kalksalze und phosphorsaurem Natron ein.

Die auf Seite 328 angeführten Absorptions-Versuche, bei welchen durch Hinzufügung der genannten Basen zur Erde das Absorptions-Vermögen derselben bedeutend erhöht worden war, beweisen ferner die Bedeutung dieser für die Absorption der Phosphorsäure.

Ich glaube somit die Absorption der Phosphorsäure richtig zu erklären, wenn ich sie eine chemische nenne, beruhend auf einer Verbindung derselben vor Allem mit Thonerde, Eisenoxyd, Magnesia (Ammoniak) und Kalkerde, so daß also diese Säure im Boden als phosphorsaure Thonerde, phosphorsaures Eisenoxyd,

phosphorsaure Ammoniak-Magnesia und als phosphorsaure Kalkerde vorhanden sein wird.

Ferner verweise ich noch auf die Ausführungen auf pag. 333.

2. Kieselsäure.

Was die Art der Absorption der Kieselsäure anbetrifft, so verdanken wir v. Liebig eine Erklärung für dieselbe. Nach demselben ist die Absorption der Kieselsäure ebenfalls eine chemische Erscheinung, beruhend auf der Verbindung derselben mit Kalkerde und Thonerde. Der Gehalt der Erde an Humus spielt aber hierbei eine sehr wichtige Rolle. Da der Säure-Charakter des Humus ein stärkerer als der der Kieselsäure ist, so vermag derselbe das Vermögen der Kieselsäure, mit den genannten Basen unlösliche Verbindungen einzugehen, bis zu einer gewissen Grenze aufzuheben. Es läßt sich daher sagen, daß eine Erde um so mehr Kieselsäure zu absorbiren im Stande ist, je weniger Humus dieselbe enthält und umgekehrt, daß sie um so weniger Kieselsäure absorhirt, je mehr Humus in ihr vorhanden ist. Außerdem spielt aber, wie oben schon angeführt, die chemische Natur der Erde immer eine bedeutende Rolle.

Dies zeigen z. B. die beiden Gartenerden pag. 323, welche nahezu dieselbe Menge verbrennlicher Substanz enthielten, von denen aber die eine, reich an kohlensaurem Kalk, 2425 Milligramm. absorhirt, während dagegen die andere, viel Kieselsand enthaltend, derselben Kaliumwasserglaslösung nur 1081 Milligramm. Kieselsäure entzog.

Kapitel IV

§ 116.

I. Drainwasser.

v. Liebig stützte, wie wir vorher gesehen haben, seine Theorie über die Art der Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze, ferner auf die Beschaffenheit des Drainwassers. Betrachten wir die Analysen, welche über das Drainwasser vorliegen, so sehen wir, daß in demselben die wichtigsten Pflanzennährstoffe wie: Ammoniak, Kali, Phosphorsäure fast gar nicht oder wenigstens nur in sehr geringen Mengen vertreten sind. Folgende Analysen führe ich hier an, um die Zusammensetzung des Drainwassers darzuthun.

I. Von Krocker liegen 4 Drainwasser-Analysen (pag. 374) vor, zu denen ich noch bemerke, daß

1. von einem Felde herrührt, welches 1852 drainirt wurde, 30 Morgen groß; die Röhren 4' tief bei 30' Entfernung; der Untergrund von 12 Morgen besteht aus einer an kohlensaurem Kalke reichen Lette, der übrige enthält nur wenig kohlensauren Kalk. Die Ackerkrume ist fast überall von streng thoniger Beschaffenheit.

2. Drainwasser desselben Feldes, am 1. Mai untersucht, nachdem 218 rheinl. Zoll Regen gefallen waren.

3. Von einem Felde, welches 18 Morgen groß und im Juni 1853 drainirt worden. Das ablaufende Wasser wird in einen Hauptdrains, welcher auch das des vorigen aufnimmt, geführt; die Ackerkrume steht der des obigen Feldes sehr nahe; Untergrund durchgehends kalkhaltige Lette; das Wasser im October untersucht.

4. Wasser von einem Felde, welches 1852 drainirt; 15 Morgen groß; im October aufgefunden; die kalkhaltige Lette liegt hier tiefer, oft 5—6' überlagert von sandig-kieseligem Boden; der Boden früher sehr naß, jetzt trocken.

II. Ferner sind von Way 7 Drainwasser-Analysen gemacht:

1. 1852 drainirt; 1852 mit Guano, Superphosphat oder getrocknetem Blut und Superphosphat zu Rüben gedüngt; 1853 Weizen; 1854 Rüben und 1855 mit 4 Ctr. Guano zu Weizen gedüngt.

2. 1852—1853 drainirt; 1852 mit Hopfen bepflanzt; 1853 mit 5 Ctr. Guano und 5 Ctr. Superphosphat; 1854 mit 15 Ctr. Hornspänen und 200

In 10,000 Theilen.

	1.	2.	3.	4.
Organische Substanz	0,250	0,244	0,155	0,063
Kohlensaurer Kalk .	0,837	0,840	1,266	0,794
Schwefelsaurer Kalk	2,084	2,095	1,139	0,166
Salpetersaurer Kalk	0,023	0,020	0,014	0,024
Kohlensaure Magnesia .	0,701	0,691	0,466	0,269
Kohlensaures Eisenoxydul	0,043	0,037	0,037	0,017
Kali	0,023	0,021	0,020	0,016
Natron .	0,109	0,152	0,126	0,098
Chlornatrium	0,076	0,080	0,068	0,025
Kieselsäure	0,073	0,070	0,063	0,050
	4,219	4,250	3,354	1,522

Bushels Kalk und 1855 mit 3 Ctr. Guano pr. Acre gedüngt; der Hopfen steht sehr gut.

3. 1853—1854 drainirt; 1854 mit 6 Ctr. Guano und 6 Ctr. Superphosphat und 1855 mit 30 Ctr. Lumpen (rags) gedüngt.

4. Vor ca. 10 Jahren drainirt; Boden kieselig, auf Thon liegend; 1854 mit 4 Ctr. Guano zu Weizen gedüngt.

5. 1852—1853 drainirt; 1853 mit getrocknetem Blut und Superphosphat zu Turnips gedüngt; 1854 Weizen, 4 Ctr. Guano.

6. Vor ca. 14 Jahren drainirt; reicher Lehm Boden, 3—8' tief, tief Kies liegend, seit 25 Jahren in guter Kultur; jedes Jahr gedüngt und zwar entweder mit 30 Tonnen gutem Stallmist oder 30 Ctr. Lumpen, Haaren u; im letzten Jahre erhielt er 40 Tonnen Dung pr. Acre.

7. 1846 drainirt, mit Hopfen bestellt; 1855 mit 15 Ctr. Hornspänen und Kalksilikat gedüngt; vorher stets reichlich gedüngt.

Alle Drains liegen in einer Tiefe von 4—5 Fuß, die ersten 6 Wasser am 26. December 1855, das 7. am 27. December genommen.

Ein Imperial-Gallon (= 4,543 Liter) enthält:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Grains.	Grains.	Grains.	Grains.	Grains.	Grains.	Grains.
Kali .	Spur	Spur	0,02	0,05	Spur	0,22	Spur
Natron .	1,00	2,17	1,26	0,87	1,42	1,40	3,20
Kalkerde .	4,85	7,19	6,05	2,26	2,52	5,82	13,00
Magnesia .	0,68	2,32	2,48	0,41	0,21	0,93	2,50
Eisenoxyd u. Thon=							
erde	0,40	0,05	0,10	keine	1,30	0,35	0,50
Kieselsäure .	0,95	0,45	0,55	1,20	1,80	0,65	0,85
Chlor . .	0,70	1,10	1,27	0,81	1,26	1,21	2,62
Schwefelsäure .	1,65	5,15	4,40	1,71	1,29	3,12	9,51
Phosphorsäure .	Spur	0,12	Spur	Spur	0,08	0,06	0,12
Organische Sub=							
stanz	7,00	7,40	12,50	5,60	5,70	5,80	7,40
Salpetersäure	7,17	14,74	12,72	1,95	3,45	8,05	11,45
Ammoniak .	0,018	0,018	0,018	0,012	0,018	0,018	0,006

Schließlich führe ich noch eine Anzahl von Drainwasser-Analysen aus einer sehr umfassenden Arbeit von Böcker an, welche um so interessanter und bedeutungsvoller sind, als diese Wässer eine vollständig genau verzeichnete Agriculturgegeschichte haben. Diese Drainwässer stammen nämlich von Versuchsfeldern von Lawes und Gilbert zu Rothamsted, welche seit 25 Jahren (von 1852 an) alljährlich bestimmt gedüngt und stets Weizen getragen haben. Die betreffenden Versuchsparcellen waren $\frac{2}{3}$ Acre (= ca. 0,27 Hectar) groß und, wie folgt gedüngt worden.

Düngung pro 1 Acre:

Parc. 2 erhielt jährlich 14 Tonnen Stalldünger.

Parc. 3 und 4 stets ungedüngt.

Parc. 5 erhielt: bis zum Jahre 1857 jährlich

270	Kilo	schwefelsaures Kali,	von 1858 an	90	Kilo
90	"	schwefels. Natron,	"	"	45
45	"	schwefels. Magnesia,	"	"	45
90	"	Knochenasche mit,	"	"	90
67,5	"	Schwefelsäure,	"	"	67,5

Parc. 6 erhielt die Düngung wie 5 und 90 Kilo Ammoniaksalze (gleiche Theile von schwefelsaurem Ammoniak und Chlorammonium).

Parc. 7 wie 6, jedoch die doppelte Menge Stickstoff, also 180 Kilo Ammoniaksalze.

Parc. 8 wie 6, jedoch die dreifache Menge Stickstoff, also 270 Kilo Ammoniaksalze.

Parc. 9 wie 5, mit Zusatz von 247,5 Kilo Chilisalpeter.

Parc. 10 erhielt eine Düngung von 180 Kilo Ammoniaksalzen.

Parc. 11 empfing eine Düngung von 180 Kilo Ammoniaksalzen und 90 Kilo zu Superphosphat aufgeschlossener Knochenasche (mit 67,5 Schwefelsäure).

Parc. 12 empfing dasselbe Quantum Superphosphat mit 164,9 Kilo schwefelsaures Natron und 193,5 Kilo Ammoniaksalzen.

Parc. 13 wurde wie 12 gedüngt, statt des Natronsalzes jedoch 90 Kilo schwefelsaures Kali gegeben.

Parc. 14 wurde wie 12 gedüngt, statt des Natronsalzes jedoch 126 Kilo schwefelsaurer Magnesia verwendet.

Parc. 15 erhielt eine Mischung der Alkalien und 190 Kilo mit Salzsäure aufgeschlossener Knochenasche; die eine Hälfte des Feldes 180 Kilo schwefelsaures Ammoniak, und die andere 135 Kilo schwefelsaures Ammoniak und 225 Kilo Kapskuchen.

Parc. 16 empfing von 1852—1864 jährlich die Düngung von 5 und 360 Kilo Ammoniaksalze, blieb dagegen von 1865 an ungedüngt.

Von diesen Feldern wurden am 6. December 1866, dann am 21. Mai 1871, ferner am 13. Januar 1868, am 21. April 1868 und schließlich am 29. December 1869 bei vollem Flusse der Drains Proben zur Untersuchung entnommen. Von diesen im Ganzen 70 Drainwasser-Analysen beschränke ich mich hier, des Raumes wegen, die Analysen der am 13. Januar und 21. April 1868 entnommenen Proben anzuführen. Wir erhalten hierdurch ein Bild von der Beschaffenheit des Drainwassers im Winter und im Frühjahr.

Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate dieser Analysen.

Dritte Untersuchungsreihe. 13. Januar 1868. Gehalt des Wassers in Grammen pr. 100 Liter (oder in 100,000 Gewichtstheilen).

Feld Nr.	Stall- mist.	Unge- düngt.	Superphosphat, Sulfat von Kali, Natron und Magnesia				
			Dhne Stick- stoff.	200 K Am- mo- niak- salze.	400 K Am- mo- niak- salze.	600 K Ammo- niak- salze.	550 K salpeter- saures Natron.
	2.	3. u. 4.	5.	6.	7.	8.	9.
Organische Sub- stanz .	3,21	2,79	2,28	2,35	3,71	5,58	1,71
Eisenoxyd .	0,30	0,50	0,21	0,21	0,35	0,42	0,50
Phosphorsäure .							
Kalk .	13,65	10,18	15,13	17,93	23,52	24,69	10,85
Magnesia .	0,51	0,45	0,66	0,91	0,77	0,80	0,38
Kali .	0,56	0,24	1,03	0,86	0,18	0,38	0,17
Natron .	1,37	0,58	1,48	1,03	1,51	1,44	4,19
Chlor .	2,18	1,45	1,67	3,65	2,81	6,25	1,87
Schwefelsäure .	9,44	2,50	11,07	11,94	13,14	11,91	5,68
Salpetersäure .	4,84	2,57	3,57	6,56	10,82	11,95	4,61
Lösliche Kieselerde	0,86	0,43	1,28	0,78	0,28	1,00	0,86
Kohlensäure .	4,32	4,14	2,70	6,16	6,43	7,33	4,62
Eindampfungs- rückstand bei 100° C. getrocknet .	41,22	25,83	40,43	52,42	63,54	71,95	35,44
Ammoniak .	0,0064	0,0178	0,0194	0,0199	0,0080	0,0080	0,0182

Dritte Untersuchungsreihe. 13. Januar 1868. Gehalt des Wassers in Grammen pr. 100 Liter (oder in 100,000 Gewichtstheilen).

400 \mathcal{R} Ammoniakfalze					Mit Salzsäure bereitetes Superphosphat und schwefelsaures Ammoniak.	Bis 1865 jedes Jahr Mineraldünger und 800 \mathcal{R} Ammoniakfalze.
Dhne mineralischen Dünger.	Mit Knochenasche= Superphosphat.	Mit Knochenasche= Superphosphat und schwefelsaur.				
		Kali.	Natron.	Magnesia.		
10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
3,99	4,99	4,91	6,85	7,70	7,49	3,07
0,28	0,21	0,21	0,28	0,37	0,37	0,16
0,20	0,26	0,21	0,14	0,13	0,20	0,13
20,85	20,13	23,43	24,56	26,99	27,38	11,21
0,77	0,80	0,58	0,83	0,61	1,27	0,58
0,20	0,08	0,37	0,58	0,07	0,93	0,37
0,74	0,90	3,44	0,80	0,81	1,81	0,41
4,58	5,11	5,73	5,83	6,05	3,65	1,77
5,92	7,24	13,61	10,83	13,32	17,12	2,54
9,76	11,08	11,60	13,49	14,53	17,90	5,21
0,64	0,43	0,28	0,50	0,36	0,43	0,35
1,77	3,04	1,37	2,41	4,24	3,52	3,81
49,71	54,27	65,75	67,12	76,18	82,08	29,61
0,0097	0,0085	0,0064	0,0130	0,0071	0,0262	0,0114

Vierte Untersuchungsreihe. 21. April 1868. Gehalt des Wassers in Grammen pr. 100 Liter (oder in 100000 Gewichtstheilen).

	Unge- dünkt.	Superphosphat, Sulfat von Kali, Natron und Magnesia				
		Ohne Stick- stoff.	200 G Ammo- niak- salze.	400 G Ammo- niak- salze.	600 G Ammo- niak- salze.	550 G salpeter- saures Natron.
Feld Nr.	3. u. 4.	5.	6.	7.	8.	9.
Organische Substanz	2,14	2,07	3,42	3,71	4,14	5,72
Eisenoxyd	0,36	0,43	0,28	0,64	0,21	} 0,50
Phosphorsäure	0,057	0,145	0,090	0,077	0,017	
Kalk	6,50	9,50	8,61	11,42	10,21	15,38
Magnesia	0,67	0,66	0,77	0,80	1,51	0,98
Kali	0,10	0,28	0,30	0,25	0,18	0,61
Natron	0,95	1,11	1,07	2,70	0,44	9,17
Chlor	0,83	0,93	1,04	1,65	1,97	1,45
Schwefelsäure	1,13	3,74	3,46	4,75	5,83	2,38
Salpetersäure	0,35	0,53	0,73	1,73	2,32	22,45
Kohlensäure	4,62	5,58	5,46	3,99	4,82	8,23
Lösliche Kieselerde	0,50	1,92	7,27	3,99	6,56	1,21
Eindampfungsrück- stand bei 100° C. getrocknet	20,12	26,89	32,50	33,74	38,23	68,25
Ammoniak	schw. Spur	keins	Spuren	0,010		keins

Vierte Untersuchungsreihe. 21. April 1868. Gehalt des Wassers in Grammen pr. 100 Liter (oder in 100000 Gewichtstheilen).

400 & Ammoniaksalze					Mit Salzsäure bereitetes Superphosphat und schwefelsaures Ammoniak.	Bis 1865 jedes Jahr Mineraldünger und 800 & Ammoniaksalze.
Dyne mineralischen Dünger.	Mit Kalk-Superphosphat.	Mit Knochenasche-Superphosphat und Schwefelsäure.				
		Kali.	Natron.	Magnesia.		
10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
4,42	3,14	3,14	4,92	7,27	3,99	3,07
0,36	0,36	0,28	0,21	0,50	0,43	0,43
0,090	0,073	0,035	0,073	0,073	0,107	0,054
11,10	11,70	13,81	10,01	15,70	14,58	10,24
0,74	0,66	0,71	1,58	1,00	0,67	0,56
0,08	0,14	0,28	0,18	0,14	0,31	0,41
0,58	0,40	1,68	0,43	0,53	1,01	0,85
1,77	1,77	0,73	2,08	2,28	1,24	1,45
3,87	3,84	2,96	5,28	6,66	8,09	2,64
3,91	2,94	0,67	2,17	2,60	2,92	2,27
4,54	3,76	10,78	5,23	4,61	5,52	4,29
0,85	1,24	2,28	7,42	0,93	0,93	0,37
32,31	29,81	38,37	39,58	42,29	39,80	26,63
0,011	feinß	0,061	0,015	feinß	feinß	0,007

Diese Zahlen sind so wichtig, daß ich nicht umhin kann, einige Sätze, welche Böcker aus diesen, sowie aus den der übrigen Drainwasser-Analysen gezogen hat, hier anzuführen.

1. Die Drainwasser enthielten, im practischen Sinne gesprochen, nur Spuren von Ammoniak; ebenso ist auch der Verlust, welchen das Feld durch die Drainwasser an Phosphorsäure und Kali erleidet, wenn auch merkliche Mengen dieser beiden so wichtigen Pflanzennährstoffe in denselben gefunden wurden, doch kein erheblicher.

2. An Salpetersäure sind die Drainwasser reich: sie enthalten stets viel mehr an diesem Pflanzennährstoff als das Regenwasser.

3. Kalkerde, Magnesia, Schwefelsäure, Chlor und lösliche Kieselsäure sind in den Drainwässern in beträchtlichen Mengen enthalten.

4. Bei stark gedüngten Feldern ist die Gesammtmenge von Pflanzennährstoffen, welche durch die Drainage fortgeführt wird, größer, als bei ungedüngten, resp. schwach gedüngten.

5. Bei gesteigerter Anwendung von Stickstoff in Form von Ammoniaksalzen findet ein bedeutender Verlust an Stickstoff in Form von Salpetersäure statt.

6. Salpetersaures Natron wird vom Regen rasch aus dem Lande ausgewaschen.

7. Durch die Drainage findet Verlust an Stickstoff statt, gleichviel ob derselbe in organischer Verbindung, in Form von Ammoniak- oder salpetersauren Salzen, oder ob kein Dünger angewendet wird.

8. Die Drainwässer der so verschieden gedüngten Parcellen ein und desselben Feldes zeigen auf das Deutlichste das Vermögen des Bodens, die Zusammensetzung der angewendeten Düngstoffe zu modificiren und eine Pflanzennahrung zu bilden, die weder so löslich ist, daß sie der Pflanze schadet, noch so unlöslich, um unwirksam zu bleiben.

In Betreff der mit Stallmist gedüngten Parcellen ist noch als sehr interessant hervorzuheben, daß die Drains derselben selten mehr als einmal im Jahre und manchmal gar nicht, die Drains aller anderen Parcellen dagegen 4 bis 5mal und mehr des Jahres liefen. Diese für die Stallmistwirkung so äußerst günstige Thatsache erklärt sich durch die bedeutende Anhäufung von Humus, welche der Boden zur Festhaltung von größeren Wassermengen befähigt.

§ 117.

2. Liebig's Theorie von der Aufnahme der Pflanzennährstoffe durch die Pflanze.

Wir haben jetzt die beiden Factoren kennen gelernt, auf welche gestützt v. Liebig im Jahre 1857 eine neue Theorie über die Art der Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze aufstellte.

v. Liebig sagte: „Wir haben geglaubt, daß die Pflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen; daß die Schnelligkeit ihrer Wirkung mit ihrer Löslichkeit in nächster Beziehung stehe. Durch das Regenwasser im Verein mit der Kohlensäure würden

die wirksamen Bestandtheile derselben den Pflanzenwurzeln zugeführt."

"Wir haben gelehrt, daß ein Nahrungsmittel in dem Boden, entfernt von jeder Wurzelfaser, die Pflanze ernähren könne, wenn sich zwischen der Faser und dem Nahrungsstoff Wassertheilchen befänden, die denselben aufzulösen vermögen. In Folge der Verdunstung durch die Blätter saugen die Wurzeln die Wassertheilchen auf, die in dieser Weise alle zusammen eine Bewegung nach der Wurzelfaser hin empfangen; mit den Wassertheilchen bewege sich der gelöste Stoff. Das Wasser, so glaubten wir, ist der Karren, der die entfernten Bodenbestandtheile in die Nähe und unmittelbare Berührung mit der Pflanze bringt.

"Alles dies ist ein großer Irrthum gewesen."

Nachdem darauf v. Liebig die Absorptions-Fähigkeit der Ackererde und die Drainwasser besprochen, sagt er:

"Empfangen die Landpflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung, so würden sie von dieser Lösung der Zeit nach und im Verhältniß nur so viel aufnehmen können, als Wasser durch ihre Blätter verdunstet, sie würden nur aufnehmen können, was die Lösung enthält und zuführt. Es ist ganz gewiß, daß das Wasser, welches den Boden durchfeuchtet, so wie die Verdunstung durch die Blätter in dem Assimilationsproceß als nothwendige Vermittelungsglieder mitwirken; allein in dem Boden besteht eine Polizei, welche die Pflanze vor einer schädlichen Zufuhr schützt; sie wählt aus. Was sie bedarf und was der Boden darbietet, kann nur dann in ihren Organismus übergehen, wenn eine innere, in der Wurzel thätige Ursache mitwirkt."

"Es ist wahrscheinlich, daß die größte Anzahl der Kulturpflanzen darauf angewiesen ist, ihre mineralische Nahrung direct von der Ackerkrume zu empfangen, und daß ihr Bestehen gefährdet wird, daß sie verkümmern und absterben, wenn ihnen diese Bestandtheile in einer Lösung zugeführt werden."

Zugleich führe ich noch eine Stelle aus demselben Werke an, wo v. Liebig über das Wasser spricht und demselben folgende Rolle zuschreibt: „Das Wasser spielt in der Vegetation eine doppelte Rolle: es liefert den Pflanzen in einem seiner Bestandtheile ein unentbehrliches Element und dann dient es, um die Bodenbestandtheile durch die Wurzeln in die Pflanze übergehen zu machen.“ Ferner: „Die sonnenreichen warmen Tage . . . werden alsdann zu den gefährlichsten, namentlich für die Sommergewächse, welche nicht Zeit genug

hatten, ihre Wurzeln in die Tiefe zu treiben, wo noch Feuchtigkeit ist, die ihnen Nahrung zuführen kann." Endlich: „Indem also das Wasser mehr Bodenbestandtheile zuführt, nehmen die Pflanzen mehr Kohlenstoff und Stickstoff auf u. s. w.“

§ 118.

3. Beleuchtung der v. Liebig'schen Theorie.

Was zunächst das Absorptions-Vermögen des Bodens als den einen Stützpunkt der v. Liebig'schen Theorie anbetrifft, so haben wir gesehen, daß gerade die beiden Hauptpunkte, welche hier in Betracht kommen, von v. Liebig anders aufgefaßt sind, als sie sich jetzt herausstellen. v. Liebig sagt: „Wenn Regen- oder ein anderes Wasser, welches Ammoniak, Kali, Phosphorsäure und Kieselsäure in aufgelöstem Zustande enthält, mit Ackererde zusammengebracht wird, so verschwinden diese Stoffe beinahe augenblicklich aus der Lösung; die Ackererde entzieht sie dem Wasser. Wir haben aber gesehen, daß, wenn eine Erde auch mit sehr verdünnten Lösungen der einzelnen Nährstoffe zusammenkommt, doch diese nie vollständig erschöpft werden, sondern daß stets noch eine gewisse Menge dieser Stoffe gelöst bleibt.“

Während v. Liebig ferner über das Verhalten der absorbirten Stoffe gegen Wasser sagt: „Die Ackerkrume giebt an das Wasser für sich keinen dieser Nahrungsstoffe (Phosphorsäure, Kali, Ammoniak) ab“, hat unsere frühere Betrachtung gezeigt, daß die Stoffe bei der Absorption nicht in einen unlöslichen Zustand übergeführt, sondern daß sie nur schwer löslich werden, so daß reines Wasser einen Theil der absorbirten Stoffe wieder aufzulösen vermag, daß aber die auflösende Kraft des Wassers durch Kohlensäure und verschiedene Salze, wie Ammoniak-, Kalk-, Magnesia- und Natronsalze erhöht wird. Da nun im Boden nicht nur Wasser, sondern auch Kohlensäure und die genannten Salze vorhanden sind, so werden auch die absorbirten Stoffe nach und nach wieder in Lösung übergeführt werden und somit auch die Pflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen können.

Was ferner den zweiten Stützpunkt der v. Liebig'schen Theorie anbetrifft, nämlich die Beschaffenheit des Drainwassers, so zeigen die Analysen, daß in demselben die wichtigsten Pflanzennährstoffe, wie Ammoniak, Kali, Phosphorsäure, fast gar nicht

oder wenigstens nur in sehr geringen Mengen vertreten sind. Würde das Drainwasser das Bodenwasser repräsentiren, so würde dies für die Theorie v. Liebig's sprechen. Daß dem aber nicht so sein kann, ist, glaube ich, sehr einfach nachzuweisen. Das Drainwasser hat, bevor es zu Tage tritt, eine Bodenschicht von 4—6' durchlaufen und an diese, nach den Gesetzen der Absorption, von den gelösten Stoffen — je nach ihrer Absorptions-Fähigkeit — mehr oder weniger abgegeben. Die Pflanze dagegen schiebt ihre Wurzel vor Allem in die oberste Bodenschicht; wenn auch anderseits bekannt ist, daß dieselben 4—6' und noch tiefer gehen können, so werden sich doch im Allgemeinen die meisten bis zu einer Tiefe von 2 bis höchstens 3' befinden. Daß das bis zu dieser Tiefe kreisende Bodenwasser nicht ebenso beschaffen sein kann, wie das Drainwasser, ist ein Schluß, der aus der Absorptions-Fähigkeit des Bodens mit Bestimmtheit hervorgeht; deshalb kann aber auch nicht von der Beschaffenheit des Drainwassers auf die des Bodenwassers geschlossen werden. Aus dem Angeführten geht, meiner Ansicht nach, hervor, daß wir bis jetzt noch bei der Annahme, daß die Pflanzen ihre Nährstoffe aus einer Lösung empfangen, beharren dürfen.

Wenn v. Liebig ferner sagt, daß die meisten unserer Kulturpflanzen verkümmern und absterben, wenn ihnen ihre Nahrung in einer Lösung geboten werde, so muß dies nach dem, was die Versuche über das Wachsen von Landpflanzen in wässrigen Lösungen gelehrt haben, verneint werden.

Durch das bis jetzt Angeführte, glaube ich dargethan zu haben, daß die Pflanzen trotz der Absorptions-Fähigkeit des Bodens und trotz dem äußerst geringen Gehalte des Drainwassers an Pflanzennährstoffen ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen können; ob dies aber trotzdem jetzt noch in der vollen Schärfe festgehalten werden kann, wird die weitere Betrachtung des Gegenstandes zeigen.

Im Jahre 1861 sagt v. Liebig in einer am 28. November in der Sitzung der Akademie zu München gehaltenen Festrede über die moderne Landwirthschaft in Betreff der Pflanzenernährung: „Sowie die Wurzel einer Pflanze die ihr nöthige Nahrung nur unendlich mit Wasser verdünnt aufnimmt und concentrirte sie tödtet.“ Aus diesen Worten könnte man den Schluß ziehen, daß v. Liebig, wenn ich mich so ausdrücken darf, seine frühere Ansicht selbst aufgegeben habe; das ist aber nicht der Fall, denn in einer neuen Arbeit vom Jahre 1862 „der Boden“ überschrieben, bespricht v. Liebig

einen Versuch von Böller und Nägeli und findet in demselben eine neue Stütze für seine Theorie.

Diese Forscher haben bei dem Versuche, Bohnen im gepulvertem Torf allein, oder in solchem Torf, der $\frac{1}{2}$, ferner $\frac{1}{2}$ und endlich ganz mit den wichtigsten Nährstoffen: Kali, Ammoniak, Phosphorsäure — außerdem noch Kalk und Natron — gesättigt war, bis zur Samenreife gezogen.

Die Ernteerträge standen nicht im Verhältnisse zu dem Gehalte des Bodens an Nährstoffen, denn abgesehen von Topf 1 mit reinem Torfklein verhielten sich

	bei Topf 2.	Topf 3.	Topf 4.
die Düngermenge	= 1	: 2	: 4
die Ernteerträge hiergegen	= 2	: 2,8	: 4

Es sind also in dem verhältnißmäßig ärmeren Boden höhere Erträge erzielt worden; hieraus folgert v. Liebig „daß nur die Bodenoberfläche wirksam sei, welche Nährstoffe enthalte, daß das Ertragsvermögen eines Bodens nicht im Verhältniß zur Quantität an Nährstoffen steht, welche die chemische Analyse darin nachweist, und daß nicht das Wasser durch sein Lösungsvermögen den Pflanzenwurzeln die aufgenommenen Nährstoffe zugeführt habe.“ Ich muß bekennen, daß ich die letzte Folgerung v. Liebig's nicht theilen kann. Wie v. Liebig daraus, daß der an Nährstoffen ärmste Boden verhältnißmäßig die höchsten Erträge ergeben hat, daß er noch einmal so viel an Ertrag ergab, als der Düngung entsprach, den genannten Schluß thun kann, weiß ich nicht. Bei den Töpfen mit gesättigter Erde sind doch in der unmittelbaren Nähe der Wurzel 2 resp. 4mal so viel Nährstoffe gewesen, als bei dem anderen. Wenn die Wurzel nur die Stoffe da aufnimmt, wo sie in unmittelbare Berührung mit dem Boden kommt und Wasser keine Nährstoffe zuführt, so hat sie doch auch in den Töpfen 3 und 4 bei den einzelnen Erdtheilchen 2 resp. 4mal so viel Nahrung gefunden als bei Topf 2.

§ 119.

4. Besprechung der Arbeiten, welche pro und contra der v. Liebig'schen Theorie erschienen.

Diese Theorie v. Liebig's rief bald einen lebhaften und heftigen Streit pro und contra hervor, an welchem sich vor Allem Eichhorn, Wunder, Schuhmacher, Fraas und Böller betheiligten. Diese Arbeiten werde ich hier so kurz als irgend möglich besprechen.

a. Die Arbeiten von Eichhorn und Wunder.

Eichhorn ließ lufttrockne, längere Zeit nicht gedüngte Gartenerde so viel Wasser aufnehmen, als sie capillarisch festzu-

halten vermochte und untersuchte dasselbe dann, nachdem es 10 Tage auf die Erde eingewirkt hatte; die Trennung der Flüssigkeit von der Erde bewirkte er durch Hinzufügung von so viel Wasser als die Erde bereits enthielt und darauf folgende Filtration. Eichhorn fand, daß dies Wasser so viel Stoffe gelöst enthielt, als für eine gute Ernte erforderlich sind. Diese Versuche wurden dann von Wunder wiederholt und nicht bestätigt gefunden, da Wunder zu dem entgegengesetzten Resultate, daß nämlich die gelösten Stoffe zu einer Ernte nicht hinreichen, gelangte. Wunder trennte das Wasser mittelst der Luftpumpe vom Boden. Während Eichhorn die Resultate seiner Versuche als der Theorie v. Liebig's entgegenstehend betrachtete, sagt Wunder von den seinigen, daß sie mit derselben im Einklange stehen.

b. Die Arbeit Schuhmacher's.

Darauf trat Schuhmacher in einem größeren Aufsatze, 1862, gegen die v. Liebig'sche Theorie auf, in welchem er, nachdem er die v. Liebig'sche Ansicht und ihre Stützpunkte angeführt hat, zunächst die Nährstofflösung des Bodens, dann die Gysimeter-Versuche von Fraas und Böller bespricht.

In Betreff dieser Gysimeter-Versuche bemerke ich, daß der zu denselben dienende Apparat, aus 2 Abtheilungen bestand, einen oberen Behälter $\frac{1}{2}$ —1 Kubikfuß groß, welcher zur Aufnahme von Erde, und einen unteren, der zur Aufnahme des durch die Erde durchsickernden Wassers bestimmt war. Die Menge und die Beschaffenheit dieses Wassers wurde festgestellt.

Da die in den Gysimeter-Rückständen innerhalb einer bestimmten Zeit befindlichen Nährstoffe für eine Ernte nicht ausreichen und nach Böller und Fraas die Zusammensetzung dieser Rückstände ein Bild von der Zusammensetzung einer im Boden enthaltenen Lösung geben muß, so schließen beide Experimentatoren aus ihren Versuchen, daß die Ansicht, daß den Pflanzen ihre Nahrung durch eine Lösung zugeführt wird, aufgegeben werden muß. Schuhmacher bestreitet die Wichtigkeit dieses Schlusses und zwar mit Recht, da die Gysimeter-Lösungen kein Bild von den im Boden befindlichen Lösungen geben können. Dann geht Schuhmacher zur Betrachtung des Drainwassers über, von welchem er ebenfalls nachzuweisen versucht, daß es das im Boden befindliche Wasser nicht repräsentiren kann.

Hierauf bespricht er die Versuche von Eichhorn und Wunder, erklärt die ersteren als beweisfähig für die Ansicht, daß die Pflanzen ihre Nährstoffe aus dem Boden in Lösungen

empfangen, und sucht dasselbe trotz der entgegengesetzten Interpretation Wunder's, von den Versuchen desselben nachzuweisen. Nachdem Schumacher so, wie er sagt, darzuthun versucht hat, daß denjenigen Versuchen, durch welche man die v. Liebig'sche Theorie zu stützen sucht, jede Beweiskraft abgeht, beschreibt er einen Versuch, durch welchen er feststellen will, ob eine Membran feste Stoffe aufnehmen kann, welche auf der einen Seite derselben befindlich, wenn auf der andern Seite derselben Lösungsmittel für dieselbe vorhanden sind; er trennte so kohlenfauren Kalk durch eine Membran von kohlenensäurehaltigem Wasser und fand, daß letzteres lösend auf ersteren einzuwirken vermochte. Hieraus folgert Schumacher, daß die Pflanze von den Bodentheilen direct mineralische Stoffe aufzunehmen vermag. Er unterscheidet bei unseren Landpflanzen Wasser- und Luftwurzel (?) und erklärt, daß die ersteren zur Aufnahme der aus der Lösung, die letzteren zur directen Aufnahme von den Bodentheilen dienen. Er sagt dann ferner, daß „die Ernährung der Bodenpflanzen abhängig sei von der Gegenwart einer Nährstofflösung im Boden, daß die Zuführung der Nahrungstoffe aus der Bodenlösung unterstützt werde durch die Aufnahme der Nahrungstoffe vermittelt der Bodenluftwurzeln direct von den Bodentheilen; letzteres könne bei trockenem Wetter und trockenem Boden von wesentlicher Bedeutung bei der Ernährung der Pflanze sein.“

c. Entgegnungen von Wunder und Böller.

Dieser Aufsatz Schumacher's rief heftige Entgegnungen Wunder's und Böller's hervor, von denen ich hier nur anführe, daß Böller in der seinigen die oben schon besprochenen Torfversuche beschreibt und dann noch folgenden Versuch anführt, welcher für die Frage höchst wichtig ist. Er sagt: Füllt man eine Röhre mit destillirtem Wasser, ertheilt dem letzteren durch einige Tropfen Salzsäure, Essigsäure u. s. w. eine saure Reaction und streut, nachdem die vollständig gefüllte Röhre mit einer Blase überbunden ist, etwas phosphorsauren Kalk, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia u. s. w. auf die Blase, so läßt sich schon nach sehr kurzer Zeit in der Flüssigkeit der Röhre Phosphorsäure, Kalk, Ammoniak, Magnesia u. s. w. nachweisen.

Diese Versuche sind von mir mit mehreren Salzen wiederholt und bestätigt gefunden worden. Ich operirte unter anderm mit kohlenfaurem und phosphorsaurem Kalk und schwefelsaurem Kali. In den Röhren, von denen die kohlenfaure und phosphorsaure

Kalkerde aufgenommen werden sollte, befand sich durch Essigsäure angesäuertes Wasser; in der andern reines Wasser. Der Vorgang ist hierbei folgender: Durch die Membran tritt die betreffende Flüssigkeit hindurch, löst das Salz auf und dann diffundirt dasselbe durch die Membran in die Lösung. Es tritt hierbei durch die Membran ebenfalls nur der gelöste Körper, die Lösung wird aber durch die Membran hindurch von der auf der andern Seite derselben befindlichen Flüssigkeit bewerkstelligt.

Böller kommt dann zu dem Resultate, daß die Ernährung der Landpflanzen unabhängig sei von einer Nährstofflösung im Boden: „Die Landpflanzen können direct von den Bodentheilen nicht gelöste Stoffe aufnehmen; sie gedeihen in Böden vortrefflich, in welchen sicherlich keine Lösung der gegebenen Nährstoffe vorhanden sein konnte.“

d. Antwort Schuhmacher's. (Versuch von Karmrodt.)

Diesen Entgegnungen trat Schuhmacher mit einer nicht minder heftigen entgegen; aus derselben entnehme ich hier nur einen Versuch, welcher für die Frage von Wichtigkeit ist. Auf die Behauptung Böller's, daß bei den Münchener Versuchen mit Torf die Pflanzen in dem letzteren keine Lösung von Nährstoffen gefunden und deshalb ihre Nahrung direct von dem Torf hätten aufnehmen müssen, veranlaßte Schuhmacher Karmrodt folgenden Versuch anzustellen: Torf wurde ähnlich so, wie der Böller's präparirt, mit Wasser übergossen, so daß er mäßig feucht, aber nicht mit Wasser gesättigt war. Nach Stägigem Stehen wurde darauf ein Theil desselben ausgepreßt und die so erhaltene Lösung untersucht, in welcher alle Stoffe, mit denen der Torf imprägnirt war, gefunden wurden. Dies Resultat benutzte dann Schuhmacher als Beweis, daß das bei den Böller'schen Versuchen im Torfe capillarisch festgehaltene Wasser verhältnißmäßig beträchtliche Mengen Nährstoffe gelöst enthalten hätte, daß die Schlüsse, welche Böller aus denselben gezogen hatte, falsch, und daß sie somit für die Liebig'sche Theorie ohne Beweiskraft sind. Die Entgegnung Böller's, welche hierauf folgte, übergehe ich, da sie für die vorliegende Frage nichts wesentliches darbietet, und führe noch die Versuche von Stohmann und Fesca an.

e. Versuch von Stohmann.

Stohmann übergieß Torf mit Mistjauche, entfernte nach Berührung von einigen Stunden dieselbe vom Torf, wusch den-

selben dann während 3 Wochen so lange mit Wasser aus, bis derselbe nichts lösliches mehr enthielt und benutzte diesen Torf entweder für sich oder zur Hälfte oder zu $\frac{3}{4}$ mit rohem Torf gemischt, zu Versuchen mit Mais, wobei außerdem noch der rohe Torf für sich angewendet wurde.

Die hierbei erhaltenen Resultate sind folgende:

	Roher Torf.	Ein Viertel gesättigter Torf.	Ein halb gesättigter Torf.	Ganz gesättigter Torf.
Die Düngermenge	0.	1.	2.	4.
Die Erträge	17,5	282	368	836
	1	14,4	21,0	47,8
Der Körnerertrag	0	1,5	15,5	153,0
		1	10,3	102,0

Stohmann schließt aus diesen Versuchen: „durch dieselben wird eine weitere Bestätigung der Lehre v. Liebig's geliefert: daß die Pflanzen ihre Nährstoffe unter normalen Verhältnissen, nicht aus im Boden circulirenden Lösungen, sondern unter Vermittelung des Wassers direct durch die Ackerkrume aufnehmen und daß die Ackerkrume die ihr in Lösung zugeführten Nährstoffe der Pflanzen in unlösliche, durch Wasser nicht auswaschbare Verbindungen verwandelt.“

f. Die Arbeit von Fesca.

Fesca ermittelte die Menge und Zusammensetzung der Bodenbestandtheile, welche durch einen continuirlichen Wasserstrom aus einer bestimmten Menge Erde innerhalb einer bestimmten Zeitdauer extrahirt werden und andererseits die Stoffmengen, welche eine Pflanze während ihrer Entwicklung in einer gleichen Zeitdauer einer gleichen Menge desselben Bodens entzieht.

Als Boden diente nicht frisch gedüngte Erde aus dem Garten der Weender Versuchstation, von welcher sich 7 B (lufttrocken) in einem Trichter von Zinkblech befanden, welcher beständig über der Erde mit Wasser bedeckt und mit einem Deckel lose verschlossen war. Die Extraction, sowie der Vegetations-Versuch (Pflanze: Tabak) dauerte vom 1. Juli bis zum 15. August. Das Filtrat der ersten Tage war von heller, darauf von dunkler Farbe und saurer Reaction und wurde allmählich wieder hell und schließlich neutral. Die Tabakspflanze wurde, als sie das dritte Blatt getrieben hatte, gepflanzt. Am Schluß des Versuches, am 15. August, hatte die Pflanze 10 schöne mittelgroße Blätter an einem kräftigen, reichlich $1\frac{1}{2}$ Fuß hohen Stengel.

Die Analyse der sorgfältig mit den Wurzeln aus dem Topfe genommene Tabakspflanze, sowie die des Boden-Extractes ergab für beide folgendes:

Zusammenstellung der Resultate.

Es enthielten in absoluten Mengen, Grammes:

Stoffe.	Wässeriger Boden= Extract.	Pflanze.
Trockensubstanz	23,000	17,500
Organische Substanz	4,996	13,434
Mineralstoffe	18,034	4,066
Kali	3,940	1,644
Natron	1,215	0,162
Kalk . .	2,653	0,623
Magnesia	0,197	0,031
Eisenoxyd	0,011	0,037
Thonerde	0,507	—
Unlöslicher Rückstand	0,288	—
Phosphorsäure	0,739	0,148
Schwefelsäure	1,359	0,444
Kieselsäure	1,635	0,036
Chlor	1,140	0,787
Sand	1,860	0,255

7 A lufttrockener Boden enthielten:

Trockensubstanz	3371,515 Grm.
Organische Substanz	137,256 "
Mineralstoffe	3234,259 "

Die Zahlen zeigen, daß der continuirliche Wasserstrom während der 6 Wochen des Versuches den 7 A Boden bedeutend mehr Nährstoffe entzogen hat, als in dieser Zeit von der Tabakspflanze gebraucht sind. Wirkt das atmosphärische Wasser auch nicht als continuirlicher Wasserstrom, so ist bei den natürlichen Verhältnissen die Luft, welche so günstige Wirkung auf den Boden ausübt, nicht so vom Boden abgeschlossen, als dies hier der Fall, so daß der obige Versuch mit als Beweis dafür zu dienen im Stande ist, daß die Pflanzen sich im Boden eine entsprechende Nährstofflösung schaffen können.

§ 120.

5. Die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze.

Wie haben wir uns denn nach allem Diesem die Aufnahme der Pflanzennährstoffe in die Pflanze zu denken? Bleibt die frühere Ansicht, daß die Pflanzen ihre Nahrung aus einer im Boden befindlichen Lösung erhalte, unerschüttert? Diese Frage können wir mit Bestimmtheit mit „Nein“ beantworten. Daß schon v. Liebig im Jahre 1857, wo erst ein kleiner Theil von den jetzt bekannten Absorptions-Versuchen vorlagen und die ander-

weitig jetzt vorliegenden Thatsachen noch gar nicht bekannt waren, die bisherige Ansicht von der Ernährung der Pflanze für falsch erklärte, zeigt uns wieder die Genialität des Mannes, durch die schon seit seinem Auftreten zum Heile der Wissenschaft so manche Revolution in derselben hervorgerufen ist, daß aber v. Liebig damals etwas zu weit gegangen ist, glaube ich dargethan zu haben. Ohne den Ausspruch v. Liebig's jedoch würde sicherlich unsere Ansicht von der Ernährung der Pflanzen nicht so geklärt sein, wie dies jetzt der Fall ist.

a. Die äußere Thätigkeit der Pflanzen bei der Aufnahme ihrer Nährstoffe.

Wir müssen jetzt die Passivität der Pflanze bei ihrer Ernährung, welche von einem großen Theil der Physiologen bis dahin angenommen wurde, aufgeben; wir müssen uns die Pflanze activ bei Aufnahme ihrer Nährstoffe denken. Wir wissen jetzt, daß die Vertheilung eines Dungstoffes im Boden nur sehr langsam vor sich geht. Der erste Schluß, den wir hieraus zu ziehen haben, ist der, daß die Wurzeln der Pflanzen ihrer Nahrung im Boden nachgehen, oder mit anderen Worten: daß die Wurzeln einer Pflanze sich vorzüglich da entwickeln, wo sie im Boden die ihnen nothwendigen Nährstoffe finden, z. B. das Gerstentorn entsendet bei der Keimung mehrere Würzelchen in den Boden; diese bilden sich aber im Boden nicht alle gleichmäßig aus, sondern diejenige oder diejenigen, welche am meisten Nahrung da, wo sie sind, vorfinden, erhalten dadurch auch die Kraft, sich vor Allem zu entwickeln und übernehmen dann vornehmlich die Ernährung der Pflanze.

Daß dem so ist, zeigt uns ein sehr hübscher schon von Sprengel angestellter Versuch. Sprengel theilte einen 18" hohen und 14" im Durchmesser haltenden Kübel, von der Mitte aus, mittelst dünner Bretter, in 6 genau schließende Fächer. Sämmtliche Fächer füllte er mit Gartenerde an; die eine derselben war vorher mit etwas kohlensaurem Kali, die zweite mit etwas Knochenpulver, die dritte mit etwas Kochsalz, die vierte mit etwas Gyps, die fünfte mit etwas Kali, Knochenpulver und Gyps gemischt; die sechste dagegen blieb unvermischt. Auf die Mitte des Kübels wurde dann ein anderes 12" hohes und 10" im Durchmesser haltendes Gefäß, welches ohne Boden und gleichfalls mit Gartenerde gefüllt war, gestellt und in dieses am 24. April eine mit vielen, an 6" langen Wurzeln versehene Pflanze des gemeinen Wiesenklees gepflanzt. Die Erde der beiden Kästen wurde mit Regenwasser beständig feucht erhalten.

Bei der Ernte zeigte sich, daß das Fach des unteren Kastens, in dem die Erde mit Knochenpulver gemischt war, die meisten

und stärksten Wurzeln hatte, während die wenigsten und feinsten in der mit Kochsalz gemischten Erde waren.

Einen andern Beweis hierfür liefert Carus durch Folgendes:

In dem sandigen Kirchhofsboden zu Samenz in der Oberlausitz fand sich, daß eine gefällte Linde 3 starke, schräg eindringende cylindrische Pfahlwurzeln gegen 3 Ellen tief, auseinanderweichend in den Boden gesenkt hatte, daß dann mit einem Male jeder dieser Wurzelstämme in unendliche Wurzelfasern sich auflöste, um ein dichtes gegen 3 Ellen langes und nicht ganz eine Elle hohes und breites Geflecht und Gewirr zu bilden, zwischen welchen dann Nester menschlicher Gebeine sich eingeschlossen und festgehalten fanden. Die Auflösung des Räthfels dieser seltsamen Erscheinung wurde darin gefunden, daß früher an dieser Stelle 3 Särge in den lockern, trocknen, sandigen Boden versenkt worden waren, daß man zwischen sie eine junge Linde gepflanzt hatte, und daß die durstigen Wurzeln des Baumes, Feuchtigkeit und Nahrung suchend, in den 3 Richtungen nach diesen Särgen hin, zunächst mit geringer Theilung fortgewachsen waren. So wie Holz und Körper vermoderten, durchdrang und durchflocht die Verbreitung der Wurzelfasern mehr und inniger die Nester der Särge, ja die zerfallenen Knochen, so daß die Linde wachsend und sich nährend von den Ueberresten der Todten, ein lebendiges Epitaphium war für die unter ihrem Boden verwesenden Leichen.

Ferner sei hier noch folgender schöner und entscheidender Versuch von N o b b e erwähnt:

N o b b e präparirte 2 Salzgemische, von denen

A aus	B aus
3 Aequ. phosphorsaurem Kalk	1 Aequ. phosphorsaurem Kali
1 „ Bittersalz	1 „ Kalksalpeter
1 „ Pottasche	1 „ schwefelsaurem Ammoniak
1 „ kieselbarem Natron	

bestand. Diese wurden in zwei parallelen Reihen (je zu 6 Glaszylindern) in der rohen Erde — einer nahrungsarmen, thonigen Erde — welche zuvor geglühet und gröblich gesiebt war, in verschiedener Weise localisirt. Von A wurden hierbei je 2,5 Grm. und von B je 3 Grm. mit der 20—30fachen Menge roher Erde innig zerrieben und wie sogleich angegeben, in den Cylindern vertheilt:

Cylinder I und VII: die Salzgemische sind homogen mit der rohen Erdmasse gemengt;

Cylinder II und VIII; sie bilden eine sehr dünne Horizontalschicht am Boden des Cylinders;

Cylinder III und IX: sie bilden eine solche in mittlerer Höhe des Cylinders;

Cylinder IV und X: sie bilden eine solche 3—4 Centimeter tief unter der Oberfläche;

Cylinder V und XI: sie bilden einen verticalen, peripherischen Cylindermantel;

Cylinder VI und XII: sie bilden einen Vertical-Cylinder in der Axe des Glasgefäßes.

Als Versuchspflanze diente badischer Mais.

Die Resultate in Betreff der Wurzelbildung giebt N o b b e wie folgt an:

In Cylinder I und VII verläuft der Wurzelkörper in cylindrischer Gesammtform bis zum Boden hinab; die Nebenwurzelbildung nicht erkennbar, örtlich differencirt.

In den Cylindern II und VIII überlagert in der Tiefe, in der die Dungstoffe befindlich, eine dichte, perrückenartige Wolke der feinsten Wurzelfasern die tieferen und verzüngten Partien des Wurzelsystems.

In den Cylindern III und IX zeigt der Wurzelkörper in der gedüngten Region eine flach gedrückt sphäroidische Ausbauchung.

In den Cylindern IV und X hat vorzugsweise an den äußeren Wurzelsträngen und zwar von oben bis unten in ziemlich gleichmäßiger Dichtigkeit, eine Auszweigung stattgefunden; die im Innern hinablaufenden Stränge sind verhältnißmäßig ärmer an Nebenwurzeln.

In den Cylindern V und XI ist in den inneren Strängen die Individualisirung begünstigt.

In den Cylindern VI und XII ist in dem einen ein langgedehntes und wenig verzweigtes Fasersystem erzeugt, welches erst am Boden eine Hauptentwicklung erlangt hat; in dem andern dagegen sind die primitiven Wurzelstränge überhaupt nicht bis zum Boden gelangt und sehr dürftig entwickelt.

Durch diese Thatsachen, von denen noch mehrere aufgeführt werden könnten, hoffe ich, daß der Satz: „die Wurzeln gehen im Boden ihrer Nahrung nach — bei welchem Ausdrucke ich jetzt nicht mehr glaube mißverstanden werden zu können — bewiesen ist. Wir haben so eine Thätigkeit, welche von den Pflanzen bei ihrer Ernährung ausgeübt wird, besprochen; diese möchte ich als die äußere bezeichnen.

§ 121.

6. Die innere oder chemische Thätigkeit der Pflanzen bei der Aufnahme.

Außer dieser äußeren Thätigkeit der Pflanzen ist ferner noch eine „innere“ zu nennen, welche den Uebergang der Nährstoffe aus dem Boden in die Pflanze vermittelt. Diese innere oder auch chemische Thätigkeit der Pflanze besteht darin, daß sie selbst sich die ihr nothwendige Lösung im Boden präparirt, resp. präpariren hilft. Die wichtigsten Nährstoffe der Pflanze sind im Boden in schwerlöslichen Verbindungen vorhanden, welche zwar durch Wasser, noch mehr durch Kohlensäure und durch gewisse Salze zum Theil wieder in Lösung übergeführt und so der Pflanze in löslicher Form geboten werden können; die so der Pflanze dargebotene Menge von Nährstoffen reichen aber für ihren Bedarf nicht aus, was nach dem bis jetzt vorliegenden kaum noch zweifelhaft sein kann.

Auf welche Weise wirkt denn die Pflanze hierbei mit?

Wie g m a n n machte zunächst darauf aufmerksam, daß die Pflanzen durch die Wurzeln eine flüchtige Säure, welche er für Kohlensäure hielt, ausscheiden.

Den Beweis hierfür lieferte er dadurch, daß er lebende Pflanzen mit ihren unverletzten, wohlgerathenen Wurzeln in eine wässrige Lackmusbölung brachte und darin vegetiren ließ. Nach kurzer Zeit hatte sich die blaue Lösung geröthet und diese Röthung ging durch Kochen unter Entweichung von Bläschen — nach *Wiegmann* Kohlensäurebläschen — wieder in die blaue über. Dieser Versuch, der sehr leicht anzustellen, ist von mir mehrfach wiederholt und bestätigt befunden worden.

Ferner muß hier noch erwähnt werden, was auch *Knop* und *Stohmann* in den früher von ihnen citirten Arbeiten anführen, daß die Säfte der Wurzel sauer reagiren; dies läßt sich leicht dadurch nachweisen, daß man die Wurzeln zwischen blaues Lackmuspapier drückt: man wird stets auf dem Papier den rothen Abdruck der betreffenden Wurzeln finden. Die Ausscheidung von Kohlensäure resp. überhaupt Säure durch die Wurzeln ist ferner noch unter Andern von *v. Liebig*, *Heerd*, *Knop*, *Ferd. Cohn* und Andern beobachtet worden.

Die innere oder chemische Thätigkeit der Pflanze besteht also darin, daß sie aus den Wurzeln Kohlensäure und gewiß noch andere Säuren ausscheidet und dadurch auf die Nährstoffe des Bodens lösend einwirkt, sich also so die ihr nothwendige Lösung der Nährstoffe selbst mit präparirt, anderseits darin, daß sie sich mit den Wurzeln an die Bodentheilchen eng anlegt und aus denselben vermöge der sauren Beschaffenheit der Säfte direct Nährstoffe aufnimmt.

Diese chemische Thätigkeit der Pflanze ist bewiesen:

1. Durch die Thatsache, daß die Wurzeln Kohlensäure ausscheiden und daß die Wurzelsäfte sauer reagiren.

2. Durch die Thatsache, daß schwach saure Flüssigkeiten, welche von festen, unlöslichen Nährstoffen durch ein Membran getrennt sind, dieselbe durch letztere aufnehmen können.

3. Durch die Versuche mit mit Nährstoffen gesättigten Boden, von denen nach meiner Ansicht vor Allem die von *Stohmann* angestellten wichtig und beweiskräftig sind.

4. Durch folgende Beobachtungen, welche ich 1865 zuerst zu machen Gelegenheit hatte. Von der Annahme ausgehend, daß man die chemische Thätigkeit der Wurzeln, welche in der Lösung von an denselben befindlichen unlöslichen Stoffen besteht — und welche *Sachs* dadurch zu constatiren sucht, daß er Maispflänzchen zwischen polirten, zusammen gebundenen Marmorplatten, die in Erde gestellt waren legte und hier beobachtete, daß die Stellen der polirten Flächen, welche mit den Wurzeln in Berührung gewesen, rauh geworden waren, — man am besten im Gebirge würde beobachten können, benutzte ich einen Aufenthalt von einigen

Tagen im Harz, um hierfür bezügliches Material zu erhalten und war so glücklich, meine Voraussetzung vollständig bestätigt zu finden. Im Bodethale fand ich nämlich verschiedene Stücke von Thonschiefer und Granit, auf denen entweder schon mit dem bloßen Auge, noch besser mit der Lupe, Wurzelabdrücke zu bemerken waren, oder auf denen sich die feinen Saugwurzeln der Bäume so fest gewachsen befanden, daß eine Trennung derselben, ohne Zerreißen unmöglich war; bei der Wegnahme zeigten sich auch hier die Abdrücke der Wurzel sehr schön. Derartige Stücke sind durchaus entscheidend für die Ansicht von der chemischen Thätigkeit der Wurzeln, denn ohne diese ist das Wachsen von Wurzeln unmittelbar auf dem Gestein und die Entstehung der Abdrücke der Wurzeln auf demselben undenkbar.

Referiren wir jetzt in Kürze nochmals das soeben Besprochene, so sehen wir, daß die Activität der Pflanze bei der Aufnahme ihrer Nährstoffe aus dem Boden in einer äußeren und inneren besteht; die äußere zeigt sich dadurch, daß sich die Wurzeln vor Allem da entwickeln, wo sie Nahrung vorfinden und die innere dadurch, daß sich die Pflanze durch ihre Wurzel die ihr passende Lösung im Boden selbst mit präparirt.

§ 122.

7. In welcher Verbindung treten die Nährstoffe in die Pflanzen ein?

Diese Frage läßt sich bis jetzt leider noch nicht mit voller Bestimmtheit beantworten, jedoch können wir aus der Art, wie die Pflanzennährstoffe vom Boden absorbiert und wie sie wieder gelöst werden, doch schon manches entnehmen.

a. Die Basen.

α. Kali.

Das Kali befindet sich im Boden entweder als wasserhaltiges Silicat, als humusfaures Salz, oder durch Flächenanziehung in der Form eines Salzes gebunden. Das durch Flächenanziehung vom Boden festgehaltene Kali kann einfach durch Wasser wieder gelöst werden; anders verhält es sich indeß mit dem als humusfaures Salz oder als wasserhaltiges Silicat im Boden vorkommenden Kali. Beide Verbindungen können zwar ebenfalls durch Wasser allmählich gelöst, resp. denselben Kali entzogen werden, indeß ist die hierdurch entstehende Lösung eine so verdünnte, daß sie für den Bedarf der Pflanze nicht ausreichen würde; bei diesen muß

daher noch ein anderer Factor hinzukommen. Diesen Factor finden wir zunächst in der Kohlensäure und den anderen Säuren, wie sie im Boden vorhanden und durch den Boden erzeugt oder durch die Pflanze in denselben geführt werden. Daß schon Kohlensäure auf die wasserhaltigen Silicate lösend einzuwirken vermag, zeigt folgender Versuch von mir mit einem wasserhaltigen Natronsilicat.

0,61 Grm. eines wasserhaltigen Silicats, welcher in 100 Theilen nach Abzug des Wassers, dessen Menge 11,67% betrug,
 aus 61,240 Kieselsäure,
 23,256 Thonerde und
 15,504 Natron

bestand, wurden in 100 Grm. Wasser suspendirt und 1 Stunde lang mit sorgfältig gewaschener Kohlensäure (dieselbe war über Marmorstückchen geleitet, und so sicher frei von Salzsäure) digerirt. Von den 0,0895 Grm. Natron, welche in dem Silicat enthalten waren, wurden in dieser Zeit von der Kohlensäure 0,0101 Grm. gelöst.

Durch die Kohlensäure wird also das Kali zunächst als kohlensaures, resp. doppeltkohlensaures Salz in Lösung übergeführt. Dieses wirkt bei der Umsetzung der stickstoffhaltigen Bestandtheile auf diese ein und trägt so zur Bildung der Salpetersäure bei, welche sich mit dem Kali der kohlen-sauren Kalisalze, verbindet, wodurch diese Basis den Pflanzen vor Allem als salpetersaures Salz geboten wird. Ferner wirken auf die wasserhaltigen Silicate humus-saure und kohlen-saure, so wie noch andere Salze, wie Gyps, Kochsalz u. s. w. ein, wodurch jenen das Kali in der Art entzogen wird, daß z. B. beim Gyps der Kalk an Stelle des Kali des Silicats, resp. des humus-sauren und kohlen-sauren Salzes tritt und so das Kali der Pflanze als schwefelsaures Salz geboten wird. Ähnlich wirken andere Salze.

β. Ammoniak.

In Betreff des Ammoniak gilt dasselbe, was soeben von dem Kali angeführt worden ist, auch dieses finden wir im Boden in derselben Form, wie das Kali, daher können wir auch hieraus schließen, daß es von der Pflanze in den angeführten Formen aufgenommen wird.

Jedoch nicht alles Ammoniak, welches zum Boden in dieser Form gebracht wird, oder welches sich aus stickstoffhaltigen Stoffen im Boden bildet, bleibt im Boden als solches, sondern ein Theil und zwar sicherlich der größere wird, wie wir beim Stickstoff § 35 und 43 und soeben beim Kali gesehen haben, verbrannt, d. h. zu Salpetersäure oxydirt und dann als salpetersaures Salz aufgenommen.

γ. Natron.

Das Natron finden wir im Allgemeinen im Boden vorherrschend als Chlornatrium, dann aber auch als humus-saures Salz und als Silicat; erstere Verbindung ist an und für sich

löslich, die anderen werden auf dieselbe Weise wie beim Kali angegeben, in Lösung übergeführt; jene ist sicherlich die Verbindung, in welcher das Natron vor Allem von der Pflanze aufgenommen wird.

δ. Kalk.

Der Kalk kommt im Boden als kohlen-saures, humus-saures Salz, als Silicat-Verbindung und durch Flächenanziehung gebunden, in einer Salzform, vor. In Betreff des phosphor-sauren Kalkes verweise ich auf die Phosphor-säure. Der kohlen-saure Kalk wird durch kohlen-säurehaltiges Wasser in löslichen, doppelt kohlen-sauren Kalk übergeführt; von den anderen Verbindungen gilt in Betreff der Löslichmachung und Aufnahme in die Pflanzen, was von denselben Verbindungen beim Kali angegeben ist.

ε. Magnesia.

Die Magnesia ist im Boden als kohlen-saure, phosphor-saure Ammoniak-Magnesia, humus-saure Magnesia, als Silicat-Verbindung und in Form eines Salzes durch Flächenanziehung gebunden enthalten. In Betreff der Löslichmachung und Aufnahme derselben gilt das beim Kalk Angeführte. Wegen der phosphor-sauren Ammoniak-Magnesia siehe Phosphor-säure.

ζ. Eisen.

Das Eisen ist in jedem in Cultur stehenden Boden als Oxid-Verbindung vorhanden, und zwar finden wir es als Eisenoxyd-hydrat, phosphor-saures Eisenoxyd und wasserhaltiges Silicat. Die Aufnahme des Eisens in die Pflanze geschieht wahrscheinlich nur als phosphor-saures Salz.

§ 123.

b. Die Säuren.

α. Phosphor-säure.

Die Phosphor-säure finden wir im Boden als phosphor-saures Eisenoxyd, phosphor-saure Thonerde und phosphor-saure Ammoniak-Magnesia; phosphor-saure Kalkerde wird dagegen nur vorübergehend im Boden gefunden werden können, wie folgender Versuch von P. Thénard zeigt.

Er brachte 50 Grm. aus zersektem Surafels entstandene Erde in eine Flasche mit kohlen-säurehaltigem Wasser, welches mit phosphor-saurem Kalk

gesättigt war, verschloß die Flasche und schüttelte mehrfach um. Nach Verlauf von 3—4 Tagen untersuchte er die Lösung auf Phosphorsäure und fand keine Spur derselben davon. Wenn statt Erde Eisenoxyd und Thonerde angewendet wird, so erhält man dasselbe Resultat. Da in jedem Boden eine genügende Menge von Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat vorhanden ist, so ist der Schluß, daß zum Boden in Form von phosphorsaurem Kalk gebrachte Phosphorsäure bald an Eisenoxyd oder Thonerde übergegangen sein wird, sicher ein gerechtfertigter.

In Verbindung mit Eisenoxyd oder Thonerde kann nun nicht alle Phosphorsäure, welche die Pflanze gebraucht, aufgenommen werden, da unsere Kulturpflanzen einerseits keine Thonerde und nur wenig Eisen enthalten und andererseits die Verbindungen dieser Basen mit Phosphorsäure sehr schwer löslich sind, so daß Wasser nur äußerst wenig von denselben zu lösen vermag.

Auch kohlenensäurehaltiges Wasser kann von diesen Verbindungen nur äußerst geringe Menge in Lösung überführen, denn nach einem Versuch von mir löste kohlenensäurehaltiges Wasser von phosphor-saurer Thonerde nur 0,208 % auf. Thénard nennt sie sogar in kohlenensäurehaltigem Wasser unlöslich, was aber nicht ganz richtig ist, da sie nur als sehr schwer löslich zu bezeichnen ist.

Aber wären diese phosphorsauren Verbindungen auch viel leichter löslich, so würde die Pflanze die Phosphorsäure in dieser Form doch nicht aufnehmen können. Es muß also vor der Aufnahme derselben durch chemische Thätigkeit des Bodens eine Umsezung der Salze stattfinden. Wie geschieht diese? Digerirt man phosphorsaures Eisenoxyd mit kohlen-sauren Alkalien, so wird Phosphorsäure gelöst, indem sich phosphorsaures Alkali bildet. Phosphorsaure Thonerde wird als solche von kohlen-sauren Alkalien gelöst. Wenn kohlen-saures Alkali im Boden als solches nachgewiesen werden könnte, so würde die Umsezung der schwer löslichen Verbindungen der Phosphorsäure und ihre Aufnahme in die Pflanzen leicht erklärlich sein. Wie wir beim Kali gesehen haben, ist im Boden kohlen-saures Kali vorhanden, entstanden durch Zersetzung der Silicate vermittelst der Kohlen-säure der Luft des Bodens; dasselbe gilt in Betreff des Natrons u. s. w. Diese kohlen-sauren Alkalien wirken zerlegend auf die phosphorsauren Verbindungen ein und führen Phosphorsäure in Lösung über. Außer den kohlen-sauren Alkalien wirken noch andere Bodenbestandtheile auf die phosphorsaure Verbindung lösend ein, so hat z. B. v. Liebig gezeigt, daß schwefel-saures Ammoniak, Chlornatrium, salpeter-saures Natron, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia löslich zu machen im Stande sind; den kohlen-sauren Alkalien wird aber jedenfalls, da die Phosphorsäure vorherrschend als phosphorsaures Eisenoxyd und phosphorsaure Thonerde im Boden

vorhanden ist, ein wichtiger Antheil bei der Löslichmachung der Phosphorsäure und ihre Ueberführung in die Pflanze vindicirt werden müssen.

β. Schwefelsäure.

Das Absorptions-Vermögen des Bodens gegen Schwefelsäure ist im Vergleich zu dem der bis jetzt betrachteten Pflanzennährstoffe ein schwaches. Nach meiner Ansicht wird dieselbe nur in Form der betreffenden Salzverbindung, in der sie zum Boden gebracht, oder sich in demselben bildet, durch Flächenanziehung festgehalten. Wir werden sie daher im Boden vor allem auch nur mit den Basen in Verbindung treffen, gegen die der Boden das schwächere Absorptions-Vermögen besitzt; es sind dies Eisenoxyd, Kalkerde, Magnesia und Natron, daher werden auch die schwefelsauren Salze dieser Basen vorherrschend die Formen sein, in denen die Pflanze die Schwefelsäure aufnimmt; ich sage vorherrschend, denn daß dieselbe auch in Form von schwefelsaurem Kali und Ammoniak in die Pflanze wird übertreten können, zeigt die Betrachtung der Aufnahme dieser Basen.

γ. Die Kieselsäure.

Die Kieselsäure ist im Boden als freie Säure und als Silicatverbindung enthalten; die Silicate, seien es wasserhaltige oder wasserfreie, werden im Boden durch Kohlenensäure, Aetzalkali, kohlensauren Kalk u. s. w. umgesetzt, wobei kieselloses Alkali entsteht. Bei der als freien Säure im Boden vorkommenden Kieselsäure kann natürlich nur von der in löslicher Modification vorhandenen hier die Rede sein. Diese Betrachtung zeigt uns, daß die Kieselsäure als solche sowie als kieselloses Alkali wird aufgenommen werden.

δ. Salpetersäure.

Die Salpetersäure entzieht sich ganz der Absorption, wir finden sie daher im Boden stets in löslicher Form, sowohl an die Alkalien, wie an die alkalischen Erden gebunden. In welcher Verbindung sie vorherrschend von der Pflanze wird aufgenommen werden, ob als salpetersaures Ammoniak, welches Salz, wie die Versuche zeigen, der Pflanze sehr zuträglich ist und welches sehr gut diffundirt, oder in anderer Verbindung, ist bis jetzt noch nicht mit voller Bestimmtheit anzugeben; sicher ist aber wohl, daß ein wesentlicher Theil derselben in Verbindung mit Ammoniak Aufnahme findet.

e. Chlor.

Da das Chlor ebenfalls nicht zu den Stoffen gehört, gegen die der Boden Absorptions-Vermögen besitzt, so finden wir dasselbe auch stets in löslicher Form im Boden als Chlornatrium, Chlorcalcium und Chlormagnesium; von diesen Verbindungen ist sicherlich das Chlornatrium die am allgemeinsten vorkommende und daher auch diese gewiß die Form, in welcher das Chlor vornehmlich von den Pflanzen aufgenommen wird.

§ 124.

Kurze Wiederholung.

1. Das Drainwasser enthält von den wichtigsten Pflanzennährstoffen wie Ammoniak, Kali und Phosphorsäure, nur sehr geringe Mengen.

2. Im Jahre 1857 verwarf v. Liebig, gestützt auf das Absorptions-Vermögen des Bodens und die Beschaffenheit des Drainwassers, die bisherige Theorie über die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanzen, nach welcher dieselben ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen sollten, und stellte dafür die neue auf, daß die meisten Culturpflanzen darauf angewiesen seien, ihre Nahrung direct von der Ackerkrume zu empfangen.

3. Da aber das Absorptions-Vermögen des Bodens von v. Liebig anders aufgefaßt ist, als es sich jetzt herausgestellt hat, und das Drainwasser nicht das Bodenwasser, wie v. Liebig meinte, repräsentiren kann, so sind wir auch nicht berechtigt auf diese Stützen hin die alte Theorie ganz zu verwerfen.

4. Die in Folge der Aufstellung dieser Theorie erschienenen Arbeiten (pro und contra) haben dieselbe zwar weiter geklärt, jedoch ihre unbedingte Haltbarkeit nicht darthun können.

5. Nach den durch die Absorptions-Fähigkeit gewonnenen Kenntnissen über den Boden und den anderen neueren Arbeiten, welche zur Lösung der Frage gemacht worden sind, können wir aber die alte Ansicht über die Ernährung der Pflanze, nach welcher sich dieselben hierbei ganz passiv verhalten sollte, nicht weiter festhalten, sondern dieselbe ist durch alles dieses wesentlich alterirt. v. Liebig hat das große Verdienst, dies schon 1857 ausgesprochen zu haben, wenn er auch damals etwas zu weit ging.

6. Die Pflanze ist bei der Aufnahme der Nährstoffe activ und zwar äußert sich diese ihre Activität in zweierlei Weise.

a. Die Pflanze geht im Boden ihrer Nahrung nach, d. h. ihre Wurzeln entwickeln sich vor allem da, wo sie die ihr nothwendige Nahrung vorfinden. — Aeußere Thätigkeit.

Dies beweisen:

α. Die Art der Vertheilung der Nährstoffe im Boden.

β. Die Versuche von Sprengel und vornehmlich die von Nobbe, welche zeigen, daß die Entwicklung der Wurzeln, welche die Ernährung der Pflanze zu besorgen haben, vorherrschend da vor sich geht, wo sich die Nährstoffe der Pflanze befinden.

b. Die Pflanze muß zwar nach wie vor ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen, aber sie findet dieselbe im Boden nicht immer vor, sondern sie muß sich dieselbe selbst mit präpariren. — Innere Thätigkeit.

Dies ist dargethan:

α. Durch die Ausscheidung von Kohlensäure aus den Wurzeln und die saure Reaction der Pflanzensäfte.

β. Durch die Eigenschaft der Membran, feste Stoffe, welche sich auf der einen Seite derselben befinden, durch entsprechende lösende Flüssigkeiten auf der andern Seite, indem diese zunächst durch dieselbe hindurchtreten, aufzunehmen.

γ. Durch die Versuche über das Wachsthum von Landpflanzen in wässrigen Lösungen und durch die in mit Nährstoffen gesättigten Böden.

δ. Durch das Wachsen von Pflanzen auf Felsen, deren Wurzeleindrücke in die Gesteine deutlich nachgewiesen werden können.

7. Ueber die Verbindungen, in welchen die Nährstoffe von den Pflanzen aufgenommen werden, läßt sich bis jetzt folgendes anführen.

α. Das Kali und Ammoniak, welche im Boden vor Allem als humus-saure Salze und als wasserhaltige Silicate — Zeolithe — enthalten sind, können in diesen Verbindungen, und zwar zunächst wegen der Schwerlöslichkeit derselben, in die Pflanze nicht eintreten, sondern müssen vorher umgekehrt werden; letzteres wird durch die Kohlensäure des Bodens, durch andere daselbst vorhandene Säuren und durch gewisse Salze (z. B. Gyps u. s. w.) bewirkt; sie werden dann in Verbindung mit diesen Säuren von der Pflanze aufgenommen. Ammoniak wird ferner theilweise im Boden zu Salpetersäure oxydirt und als salpetersaures Salz aufgenommen.

β. Das Natron tritt vorherrschend als Chlornatrium in die Pflanze ein, da es in dieser Verbindung im Boden enthalten und dieselbe leicht löslich ist.

γ. Die Kalkerde und Magnesia treffen wir im Boden als humus-saure Salze, als Zeolithe, dann aber auch als kohlen-saure und letztere vor Allem auch als phosphor-saures Salz. Die zuerst genannten Verbindungen werden durch die beim Kali angeführten Mittel gelöst und so den Pflanzen dargeboten; die letzteren werden durch die Kohlen-säure des Bodens und durch gewisse Salze in Lösung übergeführt und so von den Pflanzen aufgenommen.

δ. Die Aufnahme des Eisens wird vorwiegend als phosphor-saures Eisenoxyd erfolgen.

ε. Die Phosphor-säure ist im Boden als phosphor-saures Eisenoxyd, phosphor-saure Thonerde, phosphor-saure Ammoniak-Magnesia und auch als phosphor-saure Kalkerde enthalten; da diese Verbindungen schwer löslich sind, so kann die Pflanze ihren ganzen Bedarf an Phosphor-säure in diesen Verbindungen nicht erhalten, sondern der größte Theil derselben, was vor Allem von den beiden ersten gilt, muß vorher umgefetzt werden; dies wird zum größten Theil wahrscheinlich durch die kohlen-sauren Alkalien bewerkstelligt, welche durch die Wirkung der Kohlen-säure auf die Zeolithe entstehen; ihre Aufnahme erfolgt dann als phosphor-saures Alkali.

ζ. Die Schwefel-säure wird im Boden in größter Menge an Kalkerde und Eisenoxyd, dagegen in geringerer Menge als schwefel-saures Alkali vorhanden sein; daher wird auch ihre Aufnahme vorwiegend als schwefel-saure Kalkerde geschehen, wenn ein Theil auch mit den Alkalien in die Pflanze eintreten kann.

η. Die Kiesel-säure finden wir, was ihre lösliche Form anbetrifft, im Boden als freie Säure und als Zeolith-Verbindung; wir können daraus schließen, daß sie als freie Säure und als kiesel-saures Alkali von der Pflanze aufgenommen werden wird.

θ. Die Salpeter-säure entzieht sich dem Absorptions-Vermögen des Bodens ganz, daher wird sie in demselben stets in löslicher Form, an die Alkalien (Ammoniak, Kali) und die alkalischen Erden gebunden enthalten sein, und deshalb auch in diesen Formen der Pflanze dargeboten.

ι. Das Chlor schließlich treffen wir im Boden vor Allem als Chlornatrium, weshalb dies auch sicherlich vornehmlich die Form sein wird, in welcher die Pflanze dasselbe aufnimmt.

Kapitel V

§ 125.

1. Aschengehalt der Trockensubstanz und Zusammensetzung der Asche bei den wichtigsten Culturpflanzen und deren Theile.

Die Zahl der bis jetzt ausgeführten Aschen-Analysen der einzelnen Culturpflanzen ist bei den meisten eine große. Da der Gehalt der Pflanzen an Asche, sowie deren Zusammensetzung mehrfach variirt, ohne daß bis jetzt die Ursachen dieser Thatsache sicher ermittelt wären, so ist es nothwendig, eine Anzahl von Analysen der einzelnen Pflanzen und ihrer Theile hier aufzuführen, um so einerseits die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung darzuthun, und andererseits aus denselben Mittelzahlen zusammenzustellen, wodurch es möglich werden wird, Zahlen von allgemeinem Werthe zu erhalten, welche für den weiteren Zweck des Buches erforderlich sind. Hierzu werde ich von den bis jetzt ausgeführten Analysen vor Allem die neueren benutzen, da die alten mehrfach mit Fehlern, beruhend auf mangelhaften, analytischen Methoden, behaftet sind.

In den Fällen, wo von einem Analytiker mehrere Analysen einer Pflanze oder eines Pflanzentheils gemacht worden, sind in der Regel, wenn nicht andere Gründe davon abhielten, die Mittelzahlen aus denselben berechnet, und diese allein, um nicht zu viel Zahlen-Material zu erhalten, aufgeführt.

Soweit es mir möglich gewesen, habe ich mich bemüht, die sämtlichen vorliegenden Analysen zu den Mittelzahlen zu benutzen, da dieselben so einen um so allgemeineren Werth erhalten.

Ueberall da, wo in den Analysen noch Kohlensäure, Kohle und Sand mit angegeben waren, sind dieselben umgerechnet, so daß die in der folgenden Tabelle aufgeführten Zahlen sich auf von Kohlensäure, Kohle und Sand freie Asche beziehen.

Die mit einem Stern bezeichneten Analysen sind zur Berechnung der Mittelzahlen nicht benutzt worden.

Am Ende dieses Bandes befindet sich als Anhang eine Tabelle, auf welcher der Gehalt der frischen Pflanzensubstanz an Asche, sowie deren Zusammensetzung für 100 Theile und für einen Hectoliter berechnet ist.

Aschengehalt der Trockensubstanz und Zusammensetzung der Asche in Procenten.

Cerealien.

Winter=Weizen: Same.

Aschen= Procente	Kali.	Natron.	Kalcerbe.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Schwefel- säure.	Stick- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
1,28	23,18	8,39	3,33	11,75	1,11	46,36	1,18	6,07	—	1	Weber. (*)
—	28,04	—	4,01	12,95	1,19	45,85	7,55	0,52	—	1	Daer.
1,85	32,08	3,00	3,25	12,00	0,66	45,04	0,41	0,18	Hopfen=Weizen.	10	Way und Ogston.
2,05	29,76	5,26	2,88	11,06	0,23	48,21	0,11	—	Spalting=Weizen.	1	dief.
1,78	32,39	2,32	3,47	13,94	0,97	43,47	0,35	—	Kranzflücher Weizen.	1	dief.
2,19	36,60	0,53	4,34	11,12	1,18	41,03	0,18	—	Megyptischer Weizen.	1	dief.
1,68	30,30	1,00	3,17	14,28	0,89	45,80	—	—	Dessa=Weizen.	1	dief.
1,88	35,77	9,06	2,05	14,09	—	34,44	0,24	—	Marianopol=Weizen.	1	dief.
1,94	29,28	1,98	4,43	13,27	0,71	47,46	0,72	—	Strohstrob., weißer Weizen.	6	dief.
1,91	30,34	1,70	3,99	12,72	0,58	46,89	—	—	—	3	dief.
2,46	34,25	3,03	3,91	9,60	—	49,14	1,01	—	—	2	Herapath.
2,40	30,12	—	3,00	16,26	—	48,30	—	—	—	1	Douffingault.
1,79	32,82	0,64	4,73	13,80	0,40	47,13	—	—	—	1	Schulze.
1,96	33,28	2,93	3,37	12,12	—	45,08	—	—	—	30	v. Bibra.
2,79	30,55	2,52	2,14	9,98	1,07	47,38	1,20	0,67	—	1	Anderfon.
1,98	29,35	1,11	3,44	10,71	1,25	50,79	—	0,13	Boden: ziemlich thoniger Lehm Boden; verschiede- artig gebüugt.	23	Laves und Gilbert.
1,79	32,82	0,64	4,73	13,80	0,40	47,13	—	—	—	1	Kr. Schulze.
2,14	28,37	1,31	2,59	11,98	0,53	50,06	2,18	0,53	—	2	Ph. Söller.

Aschen- procente.	Kali.	Stratton.	Kalferde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Thonerde- säure.	Kiesel- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
2,03	30,65	0,14	2,32	12,73	0,43	53,11	—	0,16	0,47	Rheinischer Klingenweizen. Garter Weizen.	1	H. Dott.
2,09	37,30	0,12	2,14	11,21	0,62	47,50	—	0,34	0,90	Gujarischer Weizen. Garter Weizen.	1	berf.
1,94	41,06	1,00	1,13	9,62	0,48	45,77	—	0,32	0,55	Haller's genealogischer Winterweizen. Weicher Weizen.	1	berf.
1,80	35,69	0,69	2,72	13,26	0,54	45,17	—	0,92	1,03	Weizen aus Liebstadt in Sachsen. W. Weizen.	1	berf.
1,93	31,65	0,12	2,30	11,13	0,56	53,76	—	0,17	0,34	Blumenweizen vom Mitttergute Schierich bei Meißen. W. Weizen.	1	berf.
2,11	35,18	0,75	2,83	12,93	0,75	48,39	—	0,29	0,11	Reisingland-Weizen. Weicher Weizen.	1	berf.
2,05	25,94	1,09	5,83	16,00	1,33	43,56	5,56	0,67	0,04	Weizen von Ung. Alten- burg. Witterung trocken.	1	Geop. Benz.
1,83	31,79	1,02	4,20	14,43	0,06	46,66	1,27	0,57	—	Weizen von Ung. Alten- burg. Witterung feucht.	1	berf.
2,01	32,22	1,66	3,32	12,60	0,59	46,76	0,53	2,10	0,22	—	94	Mittel.

Winter = Weizen: Stroh.

3,82	10,23	0,45	6,93	1,69	0,99	5,05	0,74	67,90	7,74	—	1	Weber.
?	14,49	0,24	2,65	3,52	0,59	4,03	1,93	70,73	2,34	—	1	Bar.
4,79	17,98	2,47	7,42	1,94	0,45	2,75	3,09	63,89	—	Strohstroh, weißer Weizen.	1	Way und Egston.

6,10	10,05	6,44	6,95	3,31	1,75	6,35	2,24	60,62	2,28	1	Böller. Henneberg und Stohmann. Rouffingault. Regoldt. Fr. Schulze.
6,87	16,71		4,74	1,89	0,78	2,21	1,69	69,83	1,87	1	
7,00	9,20	0,30	8,50	5,00	1,00	3,10	1,00	67,60	0,60	1	
5,28	15,49	3,14	3,50	Spur.	0,34	4,08	0,95	72,46	0,04	1	
4,92	27,38	5,51	5,63	1,87	0,40	4,99	3,59	49,58	1,05	1	
5,54	14,97	2,65	5,79	2,40	0,79	4,07	1,90	65,33	1,99	8	Mittel.

Winter-Weizen: Spreu.

10,73	9,14	1,79	1,88	1,27	0,37	4,31	—	81,22	—	1	Hay und Egston. Hundertson.
21,15	4,81	1,03	2,56	1,10	0,87	4,09	1,02	83,85	0,73	1	
15,94	6,97	1,41	2,22	1,18	0,62	4,20	0,51	82,53	0,37	2	Mittel.

Winter-Weizen: Ganze Pflanze.

9,75	33,68	1,85	4,95	1,45	0,85	7,40	2,85	42,20	7,72	2	G. Wolff und Melin. dies. dies. Fr. Schulze.
7,05	22,00	0,75	3,10	2,10	0,50	7,55	1,65	60,50	2,74	2	
6,30	13,17	0,80	2,65	2,80	0,50	7,05	1,15	71,10	1,07	2	
—	35,01	3,74	6,27	5,90	0,79	6,13	1,79	38,12	2,25	1	

Sommer-Weizen: Same.

2,34	25,04	1,87	2,07	10,68	0,48	49,53	1,97	1,73	0,64	1	Böller. berf. berf.
2,39	27,96	2,66	2,44	11,51	0,56	49,93	2,23	1,95	0,70	1	
2,52	29,25	4,15	2,97	12,62	0,64	50,97	2,43	2,14	0,80	1	

Aschen- procente.	Kali.	Natron.	Kalzerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Spüßbor- säure.	Schwefel- säure.	Phosphor- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
2,29	34,43	0,13	2,31	10,37	0,35	51,63	—	0,17	0,63	Saatgut aus Pittsburg in der Gifel. Harter Weizen.	1	H. Pott.
2,21	33,94	0,67	1,82	11,91	0,71	50,64	—	0,16	0,16	Ungarischer Sommer- weizen. Harter Weizen.	1	berf.
1,95	34,05	0,62	3,84	13,43	0,44	46,22	0,28	0,49	0,08	—	5	Hr. Schülze.
2,42	27,42	2,88	2,49	11,60	0,56	50,14	2,21	1,94	0,70	—	9	Hr. Böller.
2,30	30,30	1,85	2,56	11,75	0,53	49,87	1,30	1,23	0,53	—	19	Mittel.
Sommer-Weizen: Stroh.												
4,17	34,71	1,10	5,43	1,96	0,26	4,90	3,64	46,03	1,39	—	5	Hr. Schülze.
6,10	10,05	6,44	6,95	3,31	1,75	6,35	2,24	60,62	2,29	—	1	Hr. Böller.
5,14	22,38	3,77	6,19	2,64	1,01	5,62	2,94	53,33	1,84	—	6	Mittel.
Winter- Roggen: Same.												
2,65	16,57	20,77	11,25	13,00	—	33,51	0,51	3,62	0,98	Von mit Schlamm ge- düngtem Boden.	1	Gerapath. (*)
1,90	9,43	18,30	15,30	10,10	2,16	25,07	2,61	14,61	2,49	Von Sandboden.	1	Way und Dgston. (*)
1,60	33,83	0,39	2,61	12,81	1,04	39,92	0,17	9,22	—	—	1	dief.
—	31,89	4,33	2,84	9,86	0,82	46,03	1,46	0,17	—	—	1	Will u. Fresenius.
2,43	11,43	18,89	7,05	10,57	1,90	51,81	0,51	0,69	—	—	1	Richon. (*)
3,17	30,36	—	3,06	11,33	3,06	45,39	—	4,29	—	—	1	Geradenohl. (*)

1,97	28,84	0,44	3,14	11,40	0,95	48,41	2,60	1,80	0,37	—	8	Stöller.
2,20	33,48	1,97	2,01	12,43	0,96	46,10	—	1,44	—	—	5	v. Sibira.
2,16	34,45	3,07	2,98	11,27	0,61	47,10	—	0,52	—	—	1	Schulze.
1,87	32,24	0,98	3,57	10,09	0,90	49,54	1,28	0,84	0,33	Bei trockenem gebüngt. Witterung	7	Geop. Lenz.
1,83	30,75	1,29	3,86	13,37	0,37	48,25	1,56	0,44	0,11	gewaschen.	1	berf.
2,09	32,85	1,34	3,27	15,42	0,77	43,26	1,94	1,05	0,13	Bei normal feuchter Witterung gewachsen.	1	Ph. Stöller.
1,99	29,10	1,57	2,99	11,53	0,94	48,63	2,49	1,46	1,31	Witterung gebüngt.	8	Schmidt.
1,91	30,78	1,11	2,22	10,73	1,45	47,82	0,88	4,51	0,79	—	1	Heiden und Voigt.
2,09	33,84	1,35	3,03	10,51	0,68	48,82	1,68	0,61	0,37	} Von verschiedenen gebüngt= tem, schwerem Boden.	7	
2,15	32,24	0,98	3,57	10,09	0,90	49,54	1,28	0,84	0,33		7	bief.
2,03	31,86	1,68	3,04	11,52	0,84	47,59	1,38	1,24	0,34	—	47	Mittel.

Winter = Roggen: Stroh.

—	17,23	0,30	9,06	2,41	1,36	3,82	0,83	64,50	0,46	—	1	Will u. Krefenius.
6,27	9,83	6,30	7,10	3,18	1,42	6,26	2,49	60,74	1,92	—	1	Stöller.
—	nicht	best.	17,01	nicht	0,96	4,53	nicht	50,13	—	—	1	Stohmann und
—	19,40	0,50	8,60	2,30	—	7,50	—	57,70	—	—	1	Henneberg. (*)
5,09	18,45	5,45	5,45	3,18	0,37	4,45	1,71	65,17	1,57	—	2	Schulz-Gleeth.
5,17	17,36	3,25	8,58	0,27	2,32	3,47	5,46	55,70	4,31	—	2	Rautenberg.
3,15	26,48	1,18	8,56	2,01	0,39	6,03	2,90	50,04	3,31	—	2	Grouven.
4,79	22,51	1,91	10,11	2,65	0,91	4,11	1,12	57,39	0,96	—	1	Schmidt. (*)
5,33	17,27	2,45	8,15	2,33	1,06	4,94	1,92	60,20	1,54	—	8	Detmer.
												Mittel.

1) Und 0,50 % Thonerde.

2) Und 2,08 % Thonerde.

Stroh: Ueberkehr und Spreu.

Aschen- procente.	Kali.	Natron.	Kalcerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Schwefel- säure.	Stiel- säure.	Stior.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
4,49	24,67	1,76	8,00	2,80	2,90	8,54	7,57	41,26	2,35	} Siehe Rührer.	6	Heiden und Voigt.
4,54	24,97	0,69	8,76	3,75	2,84	8,47	5,29	42,56	2,43		6	dief.
4,52	24,82	1,23	8,38	3,28	2,87	8,51	6,43	41,91	2,39	—	12	

Sommer = Roggen: Samen.

2,41	34,20	1,45	—	12,40	—	50,99	—	1,01	—	—	1	Dr. Schwachhöfer.
------	-------	------	---	-------	---	-------	---	------	---	---	---	-------------------

Sommer = Roggen: Stroh.

6,14	30,84	0,39	7,66	1,99	—	4,90	5,64	48,50	—	—	1	Dr. Schwachhöfer.
------	-------	------	------	------	---	------	------	-------	---	---	---	-------------------

Ganze Roggenpflanze: (Winter-Roggen.)

9,35	51,14	—	9,39	3,33	0,37	16,05	2,88	12,94	5,04	Mitte Mai.	1	Schulz-Bleeth.
4,59	42,53	0,40	8,19	3,44	0,37	15,21	1,72	25,16	3,86	Blüthe.	1	ders.
3,79	22,37	0,48	7,46	4,08	0,22	15,41	1,69	46,87	1,84	Stiefe Pflanzgen.	1	ders.
8,05	35,05	10,70	8,76	3,56	—	9,48	4,83	25,31	2,75	8. Mai (vor d. Schoppen).	1	Heiden und Krüßche.
5,61	41,86	1,86	12,26	5,31	—	10,52	4,52	18,37	6,85	15. Mai (schöpfend).	1	dief.
4,13	42,43	3,46	14,92	6,57	—	12,41	4,61	9,60	7,75	28. Mai (Blüthe).	1	dief.
2,79	37,02	2,06	16,42	8,56	—	19,48	5,99	7,90	7,90	10. Sult (Stiefe).	1	dief.

Gerste: Samen mit den Spelzen.

2,66	24,10	4,58	2,13	8,06	0,30	28,85	1,75	28,16	2,61	Ghevallet=Gerste. Nottingham=Gerste. Durchschnitt von Ghevallet= Gerste u. Molbau=Gerste, auf verschiedenem Boden gewachsen. Witterung trocken. Witterung normal feucht.	2	Way und Dgston. dief.
2,20	32,02	0,59	3,39	10,99	0,15	29,92	—	21,12	0,48		1	Bichon. (*)
2,38	3,91	16,79	3,36	10,05	1,93	40,63	0,26	21,99	—		1	Schmitt.
—	20,91	—	1,67	6,91	2,40	38,48	—	29,10	—		1	v. Bibra.
2,26	18,60	3,57	2,24	11,48	1,04	35,82	3,36	25,15	—		6	Böller.
2,90	18,45	3,63	2,73	6,89	0,66	32,59	2,71	31,81	1,07		14	Schulze.
—	21,59	1,30	2,58	8,85	1,25	39,25	—	25,17	—		1	Way und Dgston.
2,39	23,85	1,99	2,65	8,09	0,75	33,71	1,02	26,70	0,56		6	Karmrodt. Leop. Lenz. dief.
2,79	13,94	1,94	2,67	10,45	1,40	40,40	0,50	27,42	1,31		8	Mittel.
2,03	26,99	2,04	4,24	12,62	0,57	45,95	3,85	3,68	0,07		1	
2,38	25,66	1,78	3,18	12,74	0,68	34,78	1,69	19,49	—	1		
2,45	22,61	2,14	2,75	9,71	0,92	35,98	1,49	23,78	0,61	41		

Gerste: Stroh mit Spreu.

6,80	12,69	5,66	5,34	2,65	1,72	3,24	2,71	63,29	3,43	Molbau=Gerste. Ghevallet=Gerste. Nottingham=Gerste. Ghevallet=Gerste. Mit verschiedenen Salzen gedüngt.	1	Way und Dgston. dief.
—	11,22	1,13	5,79	2,70	1,36	7,20	1,09	68,50	1,30		1	dief.
2,97	17,41	3,01	13,09	3,11	0,33	2,21	3,16	54,52	3,43		1	dief.
4,57	18,72	3,83	10,55	2,37	0,28	3,90	2,77	57,36	2,30		2	dief.
—	30,60	4,30	7,10	1,90	—	4,00	4,90	47,60	—		8	G. Wolff.
4,78	18,13	3,59	8,37	2,55	0,74	4,11	2,93	58,25	2,09		13	Mittel.

NG*

Gerste: Stroh ohne Spreu.

Aschengehalt	Kali	Natron	Kalserde	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Thonerdesäure	Kiesel-säure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Namen der Analytiker.
5,51	12,05	4,60	7,33	2,98	1,88	5,94	2,45	60,15	2,74	—	4	Böller.
4,20	23,17	6,06	7,95	3,70	—	3,36	2,72	48,43	5,93	—	2	Bay.
5,77	30,82	1,93	7,94	4,40	0,89	4,80	7,11	36,15	9,05	—	1	Kußenberg.
4,11	31,74	2,55	8,59	2,44	0,71	6,85	2,52	42,39	2,67	—	1	Schmidt.
4,90	24,45	3,79	7,95	3,38	0,87	5,24	3,70	46,78	5,10	—	8	Mittel.

Gerste: Nackte Gerste.

2,28	24,68	2,26	3,20	11,15	2,56	48,13	2,89	5,13	—	—	2	v. Vibra.
1,82	35,95	1,01	2,98	13,70	0,68	45,01	—	0,67	—	—	1	Schulze.
2,05	30,32	1,64	3,09	12,43	1,62	46,57	1,45	2,90	—	—	3	Mittel.

Gerste: Ganze Pflanze.

11,97	39,12	1,30	8,99	2,86	0,56	12,19	4,49	28,81	2,14	Den 28. Juni, im 4. Blatt.	1	Scheven.
7,49	39,10	0,72	6,70	2,72	0,24	10,64	3,62	35,23	1,43	17. Juli, volle Blüthe.	1	berf.
6,67	30,94	0,89	5,91	2,81	0,30	9,85	3,90	43,94	1,51	30. Juli.	1	berf.
6,99	22,83	1,31	4,43	3,30	0,19	12,22	3,15	50,70	2,56	8. August.	1	berf.
6,21	19,06	2,20	3,51	1,81	0,27	11,25	2,87	57,18	2,41	21. August, reif.	1	berf.

Safer: Samen.

3,33	14,78	1,46	3,67	6,39	0,82	22,69	2,58	47,02	0,53	Stoßton-Safer.	12	Bay und Ogton.
3,28	15,47	3,07	3,52	6,25	0,86	27,60	1,25	42,98	—	Kartoffel-Safer.	3	dief.
3,51	11,45	6,78	5,50	8,52	0,62	13,69	1,57	51,02	1,02	—	2	Gerapath.

—	12,94	2,02	3,00	7,08	0,60	17,35	0,49	53,97	—	1	Es. A. Porter.
4,00	12,93	—	3,70	7,70	1,38	14,90	1,00	53,30	0,48	1	Bouffingault.
2,95	17,52	4,21	3,31	6,77	0,77	22,33	2,10	42,48	1,02	3	v. Bibra.
—	15,40	—	1,50	9,70	1,10	18,70	1,10	52,50	—	1	Knop und Schneidermann.
—	17,12	2,80	3,76	5,89	0,19	32,29	—	37,95	—	1	Schulze.
2,71	17,40	0,77	4,88	8,72	2,60	28,64	4,84	32,04	0,15	1	Leop. Lenz.
4,03	20,35		4,39	7,96	2,82	25,21	2,17	36,98	0,16	1	Leop. Lenz.
2,61	17,27	1,00	4,68	9,21	1,00	30,54	1,00	33,46	2,38	1	Bresschneider.
3,52	14,42	0,55	2,17	5,63	0,28	24,65	0,24	51,21	1,10	1	Schmidt.
3,14	17,96	2,10	4,56	8,56	1,18	28,27	2,96	34,05	0,53	6	Heiden und Voigt.
2,74	17,83	0,84	5,01	7,25	0,60	33,13	0,25	34,62	0,59	1	Wirner und Lucanus.
—	21,76	1,15	5,09	3,41	0,13	12,14	1,56	48,27	8,32	1	dief. (*)
—	34,97	1,13	8,59	10,74	1,85	39,61	1,83	0,22	1,35	6	dief. (*)
3,26	15,58	1,97	3,83	7,55	10,06	24,29	1,54	43,11	0,57	35	Mittel.
4,95	21,19	2,78	4,89	2,33	2,70	2,86	4,36	53,41	7,04	1	Bay und Ogston.
5,20	21,72	4,36	8,61	5,47	1,12	5,32	2,25	49,54	2,05	1	dief.
5,10	26,02	7,29	8,80	2,96	2,22	3,18	4,34	42,85	3,01	1	Bouffingault.
8,95	12,18	14,32	7,29	4,58	1,45	1,94	2,15	54,25	1,50	1	Levi. (*)
—	nicht bestimmt		9,57	nicht befl.	0,85	3,29	nicht befl.	31,39	—	1	Senneberg und Stohmann.
5,08	22,98	4,81	7,97	3,59	1,72	3,66	3,65	44,29	4,03	4	Mittel.

Hafer: Stroh.

—	12,94	2,02	3,00	7,08	0,60	17,35	0,49	53,97	—	1	Es. A. Porter.
4,00	12,93	—	3,70	7,70	1,38	14,90	1,00	53,30	0,48	1	Bouffingault.
2,95	17,52	4,21	3,31	6,77	0,77	22,33	2,10	42,48	1,02	3	v. Bibra.
—	15,40	—	1,50	9,70	1,10	18,70	1,10	52,50	—	1	Knop und Schneidermann.
—	17,12	2,80	3,76	5,89	0,19	32,29	—	37,95	—	1	Schulze.
2,71	17,40	0,77	4,88	8,72	2,60	28,64	4,84	32,04	0,15	1	Leop. Lenz.
4,03	20,35		4,39	7,96	2,82	25,21	2,17	36,98	0,16	1	Leop. Lenz.
2,61	17,27	1,00	4,68	9,21	1,00	30,54	1,00	33,46	2,38	1	Bresschneider.
3,52	14,42	0,55	2,17	5,63	0,28	24,65	0,24	51,21	1,10	1	Schmidt.
3,14	17,96	2,10	4,56	8,56	1,18	28,27	2,96	34,05	0,53	6	Heiden und Voigt.
2,74	17,83	0,84	5,01	7,25	0,60	33,13	0,25	34,62	0,59	1	Wirner und Lucanus.
—	21,76	1,15	5,09	3,41	0,13	12,14	1,56	48,27	8,32	1	dief. (*)
—	34,97	1,13	8,59	10,74	1,85	39,61	1,83	0,22	1,35	6	dief. (*)
3,26	15,58	1,97	3,83	7,55	10,06	24,29	1,54	43,11	0,57	35	Mittel.
4,95	21,19	2,78	4,89	2,33	2,70	2,86	4,36	53,41	7,04	1	Bay und Ogston.
5,20	21,72	4,36	8,61	5,47	1,12	5,32	2,25	49,54	2,05	1	dief.
5,10	26,02	7,29	8,80	2,96	2,22	3,18	4,34	42,85	3,01	1	Bouffingault.
8,95	12,18	14,32	7,29	4,58	1,45	1,94	2,15	54,25	1,50	1	Levi. (*)
—	nicht bestimmt		9,57	nicht befl.	0,85	3,29	nicht befl.	31,39	—	1	Senneberg und Stohmann.
5,08	22,98	4,81	7,97	3,59	1,72	3,66	3,65	44,29	4,03	4	Mittel.

Radter Hafer.

Aschen- procente.	Kali.	Stron.	Kalkerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Schwefel- säure.	Kiesel- säure.	Glycor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
1,91	33,37	—	3,65	11,83	0,79	—	2,37	—	Aus Norddeutschländ.	1	Fr. Schulze.
2,22	32,77	—	5,49	8,97	0,91	—	0,92	0,22	Potatoe-Hafer.	1	Morton.
2,07	33,37	—	4,57	10,40	0,85	—	1,65	0,11	—	2	Mittel.

Hafer: Ganze Pflanze.

Aschen- procente.	Kali.	Stron.	Kalkerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Schwefel- säure.	Kiesel- säure.	Glycor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
8,03	46,94	2,51	12,24	4,18	0,55	2,90	17,46	6,23	Am 10. Juni.	1	N. Vrendt.
5,14	44,39	1,83	12,13	3,85	0,66	3,86	22,57	5,16	" 30. "	1	ders.
5,32	40,04	1,46	11,55	3,69	0,60	2,67	25,34	5,29	" 10. Juli.	1	ders.
5,20	36,72	0,93	12,00	4,49	0,69	4,00	28,70	4,93	" 21. "	1	ders.
5,16	34,48	0,68	11,59	5,08	0,46	4,21	28,62	4,55	" 31. "	1	ders.
8,57	28,96	6,40	5,66	5,34	1,22	5,57	36,28	3,39	" 19. Juni.	1	N. Bretschneider.
?	29,30	10,76	5,46	4,68	0,08	2,18	36,61	4,49	" 29. "	1	ders.
5,96	25,60	8,67	6,46	5,25	0,39	2,46	40,00	2,59	" 8. Juli.	1	ders.
5,33	25,90	4,16	5,19	4,98	0,31	1,99	45,57	2,95	" 28. "	1	ders.
5,40	19,14	5,28	5,43	5,02	0,39	3,89	49,17	2,00	" 6. August.	1	ders.
8,39	46,39	3,10	6,57	3,00	0,70	4,07	24,67	4,60	" 15. Juni.	3	Wolf und Metin.
7,58	40,87	1,53	6,17	3,10	0,43	3,20	31,73	4,87	" 4. Juli.	3	ders.
6,30	25,83	2,20	6,40	3,60	0,83	2,07	47,53	3,03	" 7. August.	3	ders.
10,30	35,35	3,80	5,10	3,20	0,20	3,40	39,00	3,05	" 13. Juni.	1	ders.
7,38	41,21	1,40	5,20	2,05	0,65	1,80	37,80	2,38	" 5. Juli.	2	ders.
6,60	26,30	2,50	4,30	2,45	0,75	2,70	49,85	2,72	" 1. August.	2	ders.
6,34	26,08	1,75	3,80	2,35	0,80	2,60	51,65	1,00	" 16. August.	2	ders.

Mais: Same (Zea Mays).

1,51	28,37	1,74	0,57	13,60	0,47	53,69	—	1,55	—	1	Wag und Ogton. Letellier. (*) v. Bibra. Sterf. Sachse, Lehmann und Schreber.
—	38,80	—	1,30	17,00	—	50,10	—	0,83	—	1	
1,29	25,59	2,67	2,86	15,62	1,94	48,42	1,10	2,35	—	2	
0,61	28,80	—	6,32	14,90	?	44,97	?	?	—	3	
1,78	26,65	—	?	13,65	5,50	36,70	—	4,05	—	3	
1,30	27,35	1,10	3,25	14,44	2,57	45,95	?	1,30	1,35	9	Mittel.

Mais: Stroh.

5,33	36,30	1,25	10,84	5,68	2,35	8,33	5,21	28,82	—	1	Wag und Ogton.
------	-------	------	-------	------	------	------	------	-------	---	---	----------------

Mais: Grüne Pflanze.

6,11	27,13	1,53	18,79	12,14	8,39	9,61	4,86	15,32	2,67	1	S. Moser. berf. berf. E. Wolff u. Werner. dief. Dietrich. (*)
5,68	36,64	1,85	12,61	11,60	2,12	8,19	2,91	17,88	7,95	1	
6,00	42,45	3,71	11,99	16,74	3,88	9,67	3,71	2,63	5,62	1	
5,87	35,40	9,60	11,50	10,60	0,40	12,50	3,40	12,40	5,40	1	
5,49	25,00	7,40	16,70	13,30	0,90	14,80	4,40	14,00	4,70	1	
7,70	49,37	2,88	9,08	4,20	0,57	10,38	2,36	15,88	6,82	1	
5,83	33,52	4,82	14,32	12,88	3,14	10,95	3,86	12,45	5,27	5	Mittel.

Buchweizen: Same (Polygonum Fagopyrum).

Aschen- procente.	Natri.	Stron.	Kalferde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Schwefel- säure.	Kiesel- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
2,13	8,74	20,10	6,66	10,38	1,05	50,07	2,16	0,69	—	—	1	Bichon. (*)
0,97	20,77	9,03	4,80	12,34	2,30	46,71	2,05	—	1,99	—	1	b. Sibira.
1,02	25,36	3,27	1,79	14,53	1,87	49,22	2,10	—	1,86	—	1	berf.
1,00	23,07	6,15	3,30	13,44	2,08	47,97	2,08	—	1,93	—	2	Mittel.

Buchweizen: Ganze Pflanze.

10,10	24,61	1,09	37,60	21,12	2,41	6,11	3,04	2,53	0,69	In voller Blüthe. Grünfutter.	1	S. Moser.
-------	-------	------	-------	-------	------	------	------	------	------	----------------------------------	---	-----------

Leguminosen.

Erbsen: Same (Pisum sativum).

2,68	45,98	1,29	6,25	6,30	0,32	33,12	5,49	1,03	1,57	Graue Erbsen.	3	Bay und Egflon.
2,80	43,92	9,60	5,92	6,99	0,14	27,24	5,27	1,33	3,93	Weisse Erbsen.	2	dief.
—	39,87	2,67	4,76	7,77	0,77	38,42	0,19	0,49	6,91	—	1	Weber.
—	36,36	—	13,02	6,56	0,69	37,92	1,74	2,53	1,49	—	1	Wart.
—	39,51	5,95	5,91	6,43	1,05	34,50	4,91	—	2,24	Erbsen von Gießen. Holland.	1	Strensius.
—	34,19	12,86	2,46	8,60	0,96	34,57	5,56	0,25	0,31	—	1	Bichon. (*)
—	35,20	11,67	2,70	6,91	1,94	34,01	4,28	0,29	1,55	Kurbisfen.	1	Bichon. (*)

3,10	36,31	2,56	10,39	12,24	—	31,00	4,84	1,54	1,13	Eisaf. Auf Veranlassung des preuß. Landes-Decono- mie-Collegiums; in ver- schiedenen Gegenden ge- wachsen. — Aus Eisland. Boden: Granitverwitte- rung, verschied. gedüngt. Boden: Kalkreich und phosphorfaurarm. Weiße Mutterhle.	1	Bouffingault. (*) Bromeis, Eichhorn, Heink, Kroter, Liebig, Maréchal, Ram- melsberg, Schulze, Städeler. Erdmann. G. Schmidt. Seiden und Wegke.		
2,93	42,33	0,92	4,82	7,94	0,99	37,64	2,69	0,47	1,79				14	
3,94	40,70	—	2,21	7,03	0,77	45,12	4,17	—	—				1	
2,36	51,41	0,72	5,94	8,45	0,40	29,30	1,72	0,58	1,70				1	
2,68	47,11	0,22	2,75	8,00	0,31	31,73	7,92	0,18	1,78				7	
2,50	50,02	1,24	12,03	4,12	0,49	24,22	5,50	1,09	1,53	1	M. Sievert.			
2,84	43,72	2,26	6,36	6,96	0,59	33,92	3,96	0,77	2,29	32	Mittel.			

Erbsen: Stroh.

—	24,12	0,34	36,34	12,85	1,85	4,70	8,28	3,29	10,86	Auf Veranlassung des preuß. Landes-Decono- mie-Collegiums. — — — — Weiße Erbsen. Graue Erbsen. Weiße Erbsen. Auf Veranlassung des preuß. Landes-Decono- mie-Collegiums.	1	Baer.		
—	11,63	9,83	39,37	7,60	0,52	9,35	6,64	10,50	3,75				1	Hartwig.
3,90	29,96	5,86	36,66	5,85	—	15,37	1,81	2,80	2,22				1	Schulze.
—	22,71	1,31	36,44	8,73	1,75	18,15	0,75	8,03	2,74				1	Weber.
7,56	17,88	4,17	45,58	7,29	2,44	5,33	7,43	7,08	3,57				2	Way und Ogston.
7,02	22,92	6,09	43,51	8,51	1,70	5,22	5,86	5,52	1,49				2	bief.
9,16	11,77	5,51	59,29	10,02	1,34	2,52	2,93	3,19	4,92				2	bief.
4,77	21,66	5,34	35,01	7,63	1,39	8,15	6,16	5,69	7,32				13	Von verschiedenen Chemikern ausgeführt, (f. oben).
6,48	20,33	4,81	41,53	8,56	1,37	8,60	4,98	5,76	4,61				23	Mittel.

Erbsen: Ganze Pflanze.

Aschen- procente.	Kali.	Stron.	Kalkerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Schwefel- säure.	Stick- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
8,10	46,90	2,40	22,30	7,20	1,30	12,50	3,60	1,20	3,20	9. Juli geerntet.	1	Mitthausen.
7,40	40,80	0,30	28,70	8,20	1,10	13,20	3,50	2,60	1,80	25. Juli geerntet.	1	berf.
7,70	37,70	1,50	29,80	9,10	0,70	13,20	5,00	1,30	2,00	6. August geerntet.	1	berf.

Erbsen: Hülsen, Stengel und Blätter.

5,37	25,11	1,33	44,89	12,89	1,68	5,16	2,50	5,87	0,66	Hoher Granitverwite- rungsboden: Ungedüngt.	1	Seiden und Weget.
5,33	27,44	2,33	44,36	9,70	1,65	8,44	1,81	2,85	0,86	do.	1	dief.
4,89	26,28	2,76	43,19	11,41	1,70	8,00	2,94	3,35	0,96	Mit Kalk gedüngt.	1	dief.
5,66	29,54	0,41	31,29	11,47	1,30	7,12	15,46	2,28	1,04	Mit schwefelsaurem Am- moniak gedüngt.	1	dief.
5,70	38,83	4,72	29,43	9,00	1,65	8,81	4,42	2,11	1,51	Mit phosphorsaurem Kalk gedüngt.	1	dief.
5,48	37,40	2,11	32,36	8,50	1,88	4,87	4,68	6,21	1,46	Mit schwefelsaurem Kali gedüngt.	1	dief.
5,41	30,76	2,28	37,59	10,50	1,64	7,07	5,30	3,78	1,08	—	6	Mittel.

Bohnen: Same.

a. Saubohnen (Vicia Faba).

2,65	53,55	0,56	5,38	7,14	—	29,73	3,16	0,43	—	—	1	Bay und Ogston.
4,30	25,46	21,78	3,06	9,86	0,06	36,10	2,65	0,03	1,27	—	1	Serapath. (*)

—	21,28	19,49	7,44	9,07	1,06	38,79	1,37	—	1,50	1	Wichon. (*)
3,53	47,39	—	5,35	9,04	—	35,79	1,69	—	0,79	1	Wouffingault.
3,70	35,36	2,46	4,54	5,67	Spur	38,63	3,62	1,51	3,38	4	Mitter. Henneberg und Stohmann.
?	43,07	0,21	6,29	nicht best.	nicht best.	32,67	3,26	nicht best.	2,07	1	Fr. Schulze.
3,45	44,70	1,16	2,97	6,76	0,60	39,90	1,78	0,42	0,90	5	Mittel.
3,33	44,81	0,88	4,91	7,15	0,15	35,34	2,70	0,59	1,43	12	Mittel.
b. Gartenbohnen (Phaseolus vulgaris).											
3,06	42,95	1,40	10,59	6,19	0,46	33,08	3,56	1,80	1,19	3	Bay und Egfton.
3,04	43,46	2,41	7,04	7,14	0,28	31,92	5,63	1,01	1,64	3	dief. Lrvi. (*)
—	38,95	11,80	5,91	9,05	0,11	31,38	2,47	—	0,33	1	Wouffingault.
3,00	51,90	—	6,12	12,12	—	28,38	1,38	—	0,10	1	Wichon. (*)
3,29	21,71	21,07	5,38	7,35	0,34	35,35	2,28	1,48	2,01	1	Böller.
2,92	39,08	2,23	6,91	10,52	0,42	31,59	6,63	1,71	0,91	1	Mittel.
3,01	44,35	1,51	7,67	8,99	0,29	31,24	4,30	1,13	0,96	8	Mittel.
Bohnen: Stroh.											
a. Saubohnen (Vicia faba).											
5,56	50,79	13,73	30,69	3,91	0,94	0,76	2,16	4,03	10,42	1	Bay und Egfton. (*)
—	26,62	9,39	25,59	4,36	1,84	8,83	14,86*	7,97	0,28	1	Hertwig. (*)
1) 6,49	37,20	4,21	21,46	8,57	2,71	6,18	0,23	5,89	7,57	4	Ritter und Knop.
4,95	42,34	2,58	21,45	7,14	0,38	7,60	6,23	5,85	4,93	5	Fr. Schulze.
5,72	39,77	3,40	21,45	7,85	1,55	6,89	3,23	5,87	6,25	9	Mittel.

1) Und 4,15 Schwefel.

b. Gartenbohnen (*Phaseolus vulgaris*).

Aschen- procente.	Kali.	Natron.	Kalzerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Chlor- säure.	Chlor- säure.	Chlor- säure.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
5,43	29,02	17,65	27,04	5,10	0,78	6,44	4,49	4,36	7,79	Helgoland-Bohnen.	2	Way und Dgston.
6,97	27,50	6,70	28,08	7,52	1,54	12,53	3,82	5,65	7,51	Magagan-Bohnen.	2	dies.
6,20	28,26	12,18	27,56	6,81	1,16	9,49	4,15	5,01	7,65	—	4	Mittel.

Gartenbohnen: Grüne Pflanze.

9,51	41,55	2,37	11,32	8,78	0,34	25,90	3,26	6,44	—	Den 4. Juni geerntet: 2 Blätter.	1	9h. Böller.
6,17	27,21	2,29	42,71	5,20	1,69	5,71	1,54	13,50	—	Den 24. Juli geerntet: Blüthe.	1	ders.
5,86	23,16	2,45	41,86	5,15	1,30	4,56	1,52	20,00	—	Reife Pflanze.	1	ders.

Linse: Same (*Ervum lens*).

2,06	27,84	9,90	5,07	1,98	1,61	29,07	—	1,07	3,99	—	1	Levi.
------	-------	------	------	------	------	-------	---	------	------	---	---	-------

Wicken: Same (*Vicia sativa*).

2,40	30,90	11,03	4,84	8,60	0,75	38,49	4,16	—	1,23	—	1	Levi.
2,40	30,57	10,62	4,79	8,49	0,75	38,05	4,10	2,01	1,21	—	1	Steitmann.

Rothlee: Same (*Trifolium pratense*).

Aschen- procente.	Kali.	Natron.	Kalkerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Schwefel- säure.	Kiesel- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
4,41	37,00	0,76	4,91	12,09	1,75	33,89	6,73	1,85	1,33	—	1	Siebert.
4,70	34,50	0,30	6,20	13,50	0,72	43,40	?	Spur	1,30	—	1	Ulbricht.
4,56	35,75	0,53	5,56	12,80	1,24	38,65	6,73	0,93	1,32	—	2	Mittel.

Weißlee: Same (*Trifolium repens*).

3,97	36,51	0,54	7,18	11,43	1,87	34,27	4,84	2,21	1,49	—	1	Siebert.
------	-------	------	------	-------	------	-------	------	------	------	---	---	----------

Serradella: Same (*Orithopus sativus*).

3,26	28,77	7,73	19,20	9,54	0,52	27,49	—	2,12	5,98	—	1	Bittbogen u. Sorauer.
------	-------	------	-------	------	------	-------	---	------	------	---	---	-----------------------

Steinlicher Rlee: Same.

3,96	38,57	0,57	6,60	13,13	1,83	32,48	2,67	3,17	1,28	—	1	Siebert.
------	-------	------	------	-------	------	-------	------	------	------	---	---	----------

Erbsenartette: Same (Onobrychis sativa).

4,57	24,75	2,37	27,39	5,77	1,38	20,74	2,81	0,71	0,88	1	May und Ogston. dief.
4,57	28,53	2,74	31,58	6,65	1,59	23,91	3,24	0,82	1,21	1	
4,57	26,64	2,56	29,49	6,21	1,49	22,33	3,03	0,77	1,05	2	Mittel.

Blaue Lupine: (Lupinus angustifolia).

3,38	31,90	0,81	9,87	10,91	0,73	39,03	5,58	0,59	0,34	1	E. Seiden. Siewert.
2,57	31,79	3,72	8,79	8,52	0,48	35,53	9,86	0,99	0,33	1	
2,98	31,85	2,27	9,33	9,72	0,60	37,28	7,72	0,79	0,34	2	Mittel.

Weißer Lupine: Same (Lupinus alba).

—	33,54	17,79	7,75	6,18	—	25,53	6,80	0,87	2,01	1	Graham, Stenhouse und Campbell.
---	-------	-------	------	------	---	-------	------	------	------	---	------------------------------------

Gelber Lupine: Same (Lupinus luteus).

5,09	26,80	7,15	15,26	1,33	38,20	5,71	4,80	0,75	—	1	Krocker.
4,34	29,49	0,29	8,19	12,68	0,61	44,29	4,34	0,12	Spur	1	E. Seiden. Deyer und Reich. Siewert. Weinhold. Seiden und Güng.
4,23	28,13	—	8,63	11,33	2,05	42,57	3,02	0,56	0,42	1	
3,57	27,45	2,75	6,45	17,26	0,11	37,51	6,63	1,03	0,81	1	
—	33,93	—	6,90	23,34	2,10	29,05	—	4,63	—	1	
4,59	31,44	0,47	6,79	12,34	0,65	37,39	10,45	0,11	1,06	7	
4,36	30,09	0,70	7,35	15,37	1,14	38,17	5,03	1,88	0,51	12	Mittel.

Handelapflanzen.

Rapz: Same (Brassica Napus oleifera).

Aschen- procente.	Kali.	Natron.	Kalcerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Chmwel- säure.	Nielf- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
—	21,35	0,94	15,95	10,86	2,08	47,30	—	0,68	—	—	1	Geinkt.
Lufttrf. 2,48	22,91	—	17,30	15,55	0,71	41,63	0,46	2,00	—	—	1	Weber.
4,30	21,66	0,69	16,47	12,59	2,09	43,69	1,46	1,33	0,57	Auf Veranlassung des preuß. Landes-Economie- Collegiums.	11	Von verschiedenen Chemikern.
3,80	22,98	—	15,62	14,03	0,50	44,39	?	—	—	Sommerrüben.	2	Mitter.
4,86	26,78	1,66	10,40	10,57	1,26	39,26	9,41	0,32	0,41	—	1	Bretschneider und Küllenberg.
4,32	23,14	0,66	15,15	12,72	1,32	43,25	2,83	0,57	0,20	—	16	Mittel.
Rapz: Stroh.												
—	36,61	9,68	19,81	6,21	0,84	5,90	7,15	1,15	15,31	—	1	Baer. (*)
4,41	23,01	4,23	35,28	15,40	1,66	5,61	7,60	4,76	2,75	—	1	derf. (*)
4,47	21,74	15,58	28,13	3,82	1,70	6,12	5,10	15,43	2,00	—	1	derf. (*)
3,93	30,82	7,65	38,47	6,33	2,03	5,25	1,43	4,78	1,17	—	1	Weber.
4,30	27,48	7,92	28,20	5,93	2,95	6,87	7,51	5,52	7,96	Auf Veranlassung des preuß. Landes-Economie- Collegiums.	10	Von verschiedenen Chemikern.

1) 12,22	26,89	3,60	25,45	3,89	0,87	6,95	8,44	3,47	18,03	Sommer-Stübseufiroh.	1	Mitter. (*)
6,63	35,54	6,68	22,19	4,85	0,56	3,18	13,00	0,79	16,96	—	1	Brefschneider und Küllenberg.
4,95	31,28	7,42	29,62	5,70	1,85	5,10	7,31	3,70	8,70	—	12	Mittel.

Lein: Same (Linum sativum).

3,05	32,55	2,51	9,45	16,23	0,38	35,99	1,43	1,46	—	Reinfaseriger Lein.	1	Way und Dgston.
3,66	35,94	1,26	7,39	10,04	0,61	41,27	1,70	1,45	0,43	Grobfaseriger Lein.	1	dief.
4,15	28,76	1,68	11,09	11,09	2,03	44,73	0,10	0,40	0,60	Schleifischer Lein.	2	Stammelsberg und Reich.
3,43	27,14	3,24	6,60	18,07	1,34	40,77	0,24	2,48	0,28	—	1	G. Schmidt.
3,57	31,10	2,17	8,66	13,86	1,09	40,69	0,87	1,45	0,33	—	5	Mittel.

Lein: Stengel.

3,52	41,00	4,63	24,31	8,67	1,09	12,26	4,96	6,98	1,02	Durchschnitt von Pflanzen aus Liv-, Cur-, Estland und Lithauen.	4	G. Mayer und Brajier.
4,34	45,84	0,61	18,32	4,25	5,59	9,76	5,76	6,46	4,29	Grobfaseriger Glachs.	1	Way und Dgston.
3,12	25,56	10,16	25,16	4,99	6,62	8,94	4,02	9,40	6,60	Feinfaseriger Glachs.	1	dief.
3,29	38,75	4,06	22,96	6,09	1,27	13,26	6,77	2,73	3,70	Aus Norddeutschland.	1	Stammelsberg.
3,57	37,79	4,87	22,69	6,00	3,64	11,05	5,38	6,42	3,88	—	7	Mittel.

Lein: Stengel (geröstet).

0,91	2,07	4,06	57,34	3,17	6,93	4,62	2,32	19,47	—	Reinfaseriger Glachs.	1	Way und Dgston.
------	------	------	-------	------	------	------	------	-------	---	-----------------------	---	-----------------

1) Und 2,39 Schwefel.

Lein: Ganze Pflanze.

Aschengehalt	Kali.	Natron.	Kalzerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Namen der Analytiker.
5,00	3,79	9,82	12,33	7,79	—	10,84	2,65	21,35	2,59	—	1	Kane. (*)
3,58	35,57	3,12	17,40	8,78	1,28	24,82	4,34	1,84	2,47	Norddeutsche Land.	2	Kammelsberg und Reich.
4,70	33,90	6,80	16,00	8,10	—	16,30	6,50	3,60	9,80	Mit Verbrauchsatz gebüht.	1	Müllenberg.
4,14	34,74	4,96	16,70	8,44	0,64	20,56	5,42	2,72	6,14	—	3	Mittel.

Lein: Samenkapsel.

6,62	31,00	4,29	29,60	2,78	2,25	2,90	4,74	17,17	6,69	Englischer.	1	Way und Dgston.
------	-------	------	-------	------	------	------	------	-------	------	-------------	---	-----------------

Lein: Blätter.

8,83	19,38	—	26,87	2,80	3,24	3,41	3,66	25,93	2,51	—	1	Way und Dgston.
------	-------	---	-------	------	------	------	------	-------	------	---	---	-----------------

Lein: Fasern der feinen Sorte.

1,12	1,70	3,33	47,00	2,60	3,84	3,79	1,90	15,96	Spur	—	1	Way und Dgston.
------	------	------	-------	------	------	------	------	-------	------	---	---	-----------------

Lein: Fasern der groben Sorte.

0,76	4,47	0,62	54,58	0,27	3,08	4,95	3,81	6,18	—	—	1	Way und Dgston.
------	------	------	-------	------	------	------	------	------	---	---	---	-----------------

Hanf: Same (Cannabis sativa).

5,60	21,67	0,71	26,71	1,00	0,77	34,96	0,10	14,04	0,05	1	Leuchtweiß. Scheid.
5,36	18,55	0,84	20,25	10,26	1,21	37,59	0,24	9,60	0,08	1	
5,48	20,11	0,78	23,48	5,63	0,99	36,28	0,17	11,82	0,07	2	Mittel.

Hanf: (Ganze Pflanze).

—	19,34	2,66	47,95	10,80	—	7,69	2,56	7,86	1,46	1	Wap. Scheid.
4,60	15,82	3,40	35,55	7,67	1,08	14,24	2,76	7,70	3,26	1	
4,60	17,58	3,03	41,75	9,24	0,54	10,97	2,66	7,78	2,36	2	Mittel.

Hanf: Blätter und Stengel.

In den Blättern 22,00, in den Stengeln 4,54.	7,48	0,72	42,05	4,88	—	3,22	1,10	6,75	1,53	1	Same.
-------------------------------------------------------------	------	------	-------	------	---	------	------	------	------	---	-------

Hopfen: (Humulus Lupulus).

a. Hopfen.	25,43	1,84	22,07	4,79	1,77	14,79	7,43	20,15	2,10	1	Wap und Sgflon. Scheiter.
—	41,71	2,71	15,56	5,79	1,19	15,67	?	14,06	3,89	8	
—	41,72	2,08	17,51	3,57	2,49	9,20	?	17,07	4,49	1	
—	36,29	2,11	18,38	4,70	1,82	13,22	?	17,09	3,49	10	Mittel.

Aschen- procente.	Kali.	Natron.	Kalzerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Chlor- säure.	Stick- säure.	Chlor- säure.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
b. Blüthen.												
9,00	38,11	4,72	9,75	4,86	0,69	17,67	5,20	19,53	9,70	Goldhopfen.	1	Way und Ogston.
6,50	19,47	0,80	14,15	5,34	2,71	14,64	8,28	17,88	2,69	?	1	Watté.
7,75	28,79	2,76	11,95	5,10	1,70	16,16	6,74	18,71	6,20	—	2	Mittel.
c. Blätter.												
21,94	16,70	1,89	34,99	5,50	0,22	10,61	2,15	25,41	2,96	Goldhopfen.	1	Way und Ogston.
13,60	14,95	5,41	49,67	2,39	2,41	3,52	5,04	12,14	5,73	?	1	Reebit.
17,77	15,83	3,65	42,33	3,95	1,32	7,07	3,60	18,78	4,35	—	2	Mittel.
d. Ranken.												
7,28	31,17	1,58	26,92	4,28	0,91	13,27	2,64	11,34	10,16	Goldhopfen.	1	Way und Ogston.
e. Ganze Pflanze.												
9,87	26,24	3,84	15,98	5,77	5,12	12,13	5,41	21,50	5,16	?	1	Reebit.
f. Stengel u. Ranken.												
3,74	30,47	3,32	38,73	4,10	0,28	6,92	3,44	6,07	8,47	?	1	Reebit.

Tabak: Blätter (Nicotiana Tabacum).

15,89	26,96	7,87	39,53	9,61	2,23	1,97	2,78	4,51	5,85	1	Merz. Will und Fresenius. dies. dies. Bouffingault. dersf. dersf. S. W. Mallet, Erby und Cabell. Mittel.	
18,90	30,23	2,86	30,44	7,70	4,86	2,20	3,59	—	4,05	3		
bis	20,62	6,05	32,06	15,73	4,68	2,12	5,91	—	8,78	1		
27,36	13,73	2,12	48,57	13,83	4,14	2,27	3,98	—	4,13	6		
20,50	26,34	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	6,73	nicht bestimmt	nicht bestimmt	Den 8. Juli.	1		
18,88	21,82	bito.	bito.	bito.	bito.	6,73	bito.	bito.	Den 30. Juli.	1		
13,70	24,83	bito.	bito.	bito.	bito.	6,59	bito.	bito.	Den 10. September.	1		
11,64	35,57	2,78	37,60	10,72	—	3,29	5,49	1,71	2,81	6		
16,12	25,01	4,34	37,64	11,52	3,98	3,99	4,35	1,24	5,12	20		

Krap: Wurzeln (Rubia tinctorum).

—	47,19	2,52	26,67	4,61	1,80	7,21	1,53	4,89	4,62	3	Pechholtz. dersf. dersf. dersf.
—	47,78	2,07	31,49	4,48	1,05	5,94	2,21	1,56	4,47	4	
—	3,42	32,43	16,29	3,17	2,67	16,84	2,86	16,41	7,63	1	
8,34	28,58	14,05	32,54	3,78	2,33	5,04	2,97	3,10	9,21	2	
8,34	31,74	12,77	26,75	4,01	1,96	8,76	2,39	6,49	6,48	10	Mittel.

Wurzelgewächse.

Runkelrüben: Wurzel (Beta vulgaris).

—	53,46	4,31	20,24	1,48	—	1,10	8,32	—	24,94	1	Gerapath. (*) Way und Sgfton. (*) dies. (*)
8,55	18,84	33,63	2,50	2,81	0,66	2,92	3,96	3,38	22,94	2	
11,32	28,75	39,17	2,18	2,14	0,90	5,47	4,49	2,71	18,65	1	

Aschengehalt	Kali	Stramon.	Kaffeebe.	Magnesia	Eisenoxyd.	Phosphorsäure.	Chlornatrium.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Namen der Analytiker.
6,30	48,96	7,54	5,78	5,52	3,11	7,54	2,01	6,52	—	1	Bouffingault.
8,20	57,82	6,82	2,45	2,94	0,35	10,77	2,30	16,35	—	1	Striepenkerl.
13,48	57,71	21,73	5,74	3,43	0,31	5,12	2,49	2,41	Längliche, gelbrothe Stübe aus München.	1	Gylerts.
5,30	51,50	15,10	5,30	6,50	0,60	10,80	3,10	5,30	Dorborfer Stüben.	3	Mittkhaufen.
9,72	57,71	7,39	4,01	6,01	0,88	13,03	3,51	4,93	Am 6. October geerntet.	1	G. Wolff.
7,15	63,65	11,88	3,18	4,19	0,41	10,04	2,84	2,96	—	4	Pinus und Galfe.
4,41	69,40	5,30	6,82	unbestimmt.	—	6,82	4,19	7,06	—	1	Henneberg und Stohmann.
5,80	66,89	9,68	3,25	4,10	0,39	7,82	2,32	7,43	—	2	Kreuzhage.
7,55	59,18	10,68	4,57	4,67	0,86	8,99	2,85	6,62	—	14	Mittel.

Kunfelrüben: Blätter.

14,00	8,94	33,56	9,37	10,57	0,79	6,32	7,03	2,55	24,54	1	Way und Ogston.
18,50	29,58	22,88	9,19	8,61	0,77	5,11	5,79	1,93	20,79	2	dief.
29,23	24,13	13,01	17,80	18,32	2,33	6,93	7,36	5,11	5,01	1	H. Goffmann.
16,08	12,31	29,07	20,20	9,89	1,45	7,52	4,16	10,63	4,33	2	Gylerts.
16,90	34,06	13,47	13,84	11,25	1,61	4,94	10,14	6,79	5,04	1	G. Wolff.
12,34	41,18	17,59	10,76	7,48	2,39	5,60	6,33	2,77	8,34	2	Kreuzhage.
—	31,01	20,08	13,92	11,83	1,26	5,99	8,07	6,39	1,40	1	Pinus und Galfe.
15,67	24,08	24,31	9,79	10,95	1,06	4,35	3,28	2,27	25,10	1	Seiden u. v. Gruber.
17,53	25,66	21,75	13,11	11,11	1,46	5,85	6,52	4,81	11,82	11	Mittel.

Turnips: Wurzel (Brassica Rapa rapifera).

7,53	31,22	14,14	10,57	2,69	0,41	10,25	13,17	1,98	5,23	Schwedische Turnips. Grünköpfige, weiße Turnips.	5	Wag und Sgton. dies.
7,40	48,56	2,88	6,73	2,26	0,66	7,65	12,86	0,96	3,29		1	
9,01	42,47	9,31	8,76	3,95	1,78	15,98	11,84	1,96	5,12	Durchschnitt von 18 und 21 Wochen alten Turnips.	2	Bunder.
10,50	42,87	7,94	9,67	4,03	1,10	16,45	13,26	2,62	2,08		2	
12,07	51,27	12,05	8,12	5,19	0,84	9,52	10,51	1,17	3,37	Auf Sandboden gewachsen.	3	dersf.
10,05	43,98	9,05	9,45	3,97	1,32	16,65	11,84	1,85	2,43		Auf Thomboden gewachsen.	
20,95	31,40	13,33	13,58	5,57	1,53	11,39	14,64	3,49	6,49	Auf leichtem Sandboden gewachsen.		1
9,43	43,39	9,23	8,88	3,68	1,02	12,75	12,24	1,75	3,58		—	15

Turnips: Blätter.

11,52	17,45	12,01	28,45	2,81	1,86	6,78	8,55	4,38	11,10	Schwedische Turnips. Grünköpfige, weiße Turnips.	5	Wag und Sgton. dies.
15,20	22,65	5,65	28,73	2,85	0,80	3,15	7,83	2,05	13,72		1	
14,69	25,23	7,80	33,01	4,83	1,56	8,85	9,41	1,91	9,44	Durchschnitt von 18 und 21 Wochen alten Turnips.	2	Bunder.
10,56	21,86	3,45	34,18	5,61	2,80	14,08	9,94	2,84	5,37		Durchschnitt von 20 und 23 Wochen alten Turnips.	
16,28	18,14	11,07	7,93	16,10	3,13	13,28	16,35	4,19	12,61	Auf leichtem Sandboden gewachsen.		1
12,99	21,80	7,23	31,09	4,03	1,76	8,22	8,93	2,80	9,91		—	10

Stoppelrüben: Wurzel (*Brassica campestris*).

Aschengehalt	Kali.	Natron.	Kalzerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Namen der Analytiker.
7,44	62,63	2,98	6,92	2,53	0,25	15,89	4,24	0,09	4,46	—	1	Gerapath.
—	41,85	5,10	13,55	5,35	1,49	7,55	13,55	7,96	3,60	—	1	Bouffingault.
7,44	52,24	4,04	10,24	3,94	0,87	11,72	8,90	4,03	4,03	—	2	Mittel.

Wurzel (*Cichorium Intybus*).

3,18	37,42	20,70	5,58	3,87	1,93	12,84	6,57	3,64	8,21	—	8	H. Schulz.
4,20	44,66	8,68	8,94	5,38	0,90	14,50	10,66	2,84	3,57	—	2	Anderson.
3,69	41,04	14,69	7,26	4,63	1,42	13,67	8,62	3,24	5,89	—	10	Mittel.

Wurzel (*Daucus Carota*).

12,46	59,95	0,77	14,28	3,23	1,31	8,99	9,00	1,02	2,00	—	1	Anderson.
8,61	22,21	19,98	20,43	1,81	2,06	6,01	8,30	3,55	18,02	—	8	H. Schulz.
10,54	41,08	10,38	17,36	2,52	1,69	7,50	8,65	2,29	10,01	—	9	Mittel.

Wurzel (*Daucus Carota*).

5,42	39,21	19,87	10,89	4,94	1,50	10,14	7,04	1,30	4,54	Weiße, belgische.	4	Way und Ogston.
6,04	30,48	28,86	11,53	6,46	0,49	14,99	3,49	2,08	2,09	Weiße, grünköpfige Stiefelmöhre, am 10. October geerntet.	1	Bretschneider.
—	32,17	10,10	12,34	5,73	1,60	11,81	3,26	4,78	5,81	—	1	Nichardson.
4,46	53,36	14,77	6,88	2,79	0,62	15,02	5,20	1,35	—	Lang, rothe M.	1	Way und Ogston.
5,31	38,81	18,40	10,41	4,98	1,05	12,99	4,75	2,38	3,11	—	7	Mittel.

Mohrrüben: Blätter.

14,96	8,66	22,15	39,72	3,55	2,93	2,03	7,30	5,96	10,04	Weiße, belgische M. Weiße, grünköpfige Stiefmöhre.	3	Way und Ogston.
—	14,68	28,70	27,45	6,70	1,86	6,38	9,72	2,40	2,70	—	1	Bretschneider.
8,42	22,26	8,81	31,29	1,16	4,47	8,09	6,61	15,12	2,86	—	1	Way und Ogston.
11,69	15,20	19,89	32,82	3,80	3,09	5,50	7,88	7,83	5,20	—	5	Mittel.

Zuckerrüben: Wurzel.

4,02	51,10	8,49	5,90	9,80	0,90	14,40	4,80	3,20	1,80	Von verschiedenartig ge- düngtem Boden.	11	Megdorf und Bret- schneider.
3,83	44,08	5,72	6,46	10,48	1,15	17,85	8,89	3,06	2,95	Am 6. October geerntet.	1	Bretschneider.
2,87	51,80	6,70	6,99	7,41	1,80	12,84	2,85	3,25	5,90	—	1	Karmrodt.
5,24	50,89	5,76	6,74	9,84	1,13	16,27	4,02	3,42	1,93	—	1	H. Hoffmann.
4,17	45,62	12,34	6,86	10,32	1,03	14,02	4,44	4,64	1,03	Von verschiedenartig ge- düngtem Boden.	14	Bretschneider und Küllenberg.
4,11	51,10	8,48	5,89	8,87	0,88	14,42	4,84	3,75	1,80	Von verschieden gedüngtem Boden.	10	Nitthausen.
6,19	64,95	9,69	3,81	5,22	0,80	9,30	3,22	0,96	2,21	—	4	Pincus und Falke.
—	71,96	5,54	3,21	3,33	0,83	8,78	1,96	1,25	4,08	—	21	Pincus und Stölig.
2,99	53,00	13,23	5,20	8,52	0,67	7,48	3,94	—	9,69	—	29	Stohmann.
4,18	53,83	8,44	5,67	9,20	1,02	12,82	4,33	2,61	3,49	—	92	Mittel.

Zuckerrüben: Blätter.

18,55	22,62	12,84	18,20	16,46	1,21	9,17	8,34	5,58	7,16	Am 16. October geerntet.	1	Bretschneider.
—	27,17	18,01	14,66	19,15	0,83	5,36	5,49	1,49	3,64	Aus der Untersuchung der 5 verschiedenen Blattkreise berechnet.	1	Küllenberg.
29,23	24,13	13,01	17,80	18,31	2,33	6,93	7,36	5,11	5,01	—	1	H. Hoffmann.
23,89	24,64	14,62	16,89	17,97	1,46	7,15	7,06	4,06	5,27	—	3	Mittel.

Knollengewächse.

Kartoffel: Knollen (*Solanum tuberosum*).

Aschengehalt	Kali	Stramon.	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Äthoxyd	Schwefel-	Kiesel-	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Namen der Analytiker.
5,03	69,02	0,28	0,84	2,52	0,42	16,67	2,72	0,53	9,04	Munde, gelbe K.	1	Schulz-Sleeth.
3,91	68,75	0,81	1,13	4,13	0,51	16,67	2,72	0,53	9,24	Hellrothe K.	1	dersf.
4,44	64,92	0,61	1,00	4,63	0,33	18,38	3,00	1,00	7,95	Blaue K.	1	dersf.
4,35	68,17	0,16	0,51	4,59	0,38	20,39	2,42	0,26	4,04	Dunkelrothe K.	1	dersf.
3,62	68,96	0,39	1,57	3,25	0,53	19,08	2,93	0,63	3,43	Lange, gelbe K.	1	dersf.
2,63	55,50	0,71	3,52	3,86	2,35	5,03	25,50	1,51	2,53	Lange, rothe K.	1	dersf.
4,42	73,60	0,08	1,31	4,00	0,59	14,97	0,44	0,44	6,86	Munde, weiße K.	1	dersf.
5,06	66,19	1,59	1,79	3,96	0,62	18,06	4,24	0,79	3,06	Mus der Lombardei.	2	Moser.
4,85	63,29	—	2,34	4,17	0,50	16,83	4,71	3,64	5,83	?	1	Griepenkerl.
4,00	59,97	—	2,09	6,29	0,57	13,16	8,26	6,52	3,14	?	1	Bouffingault.
—	51,26	1,20	3,35	13,58	—	11,91	6,50	7,17	4,81	?	1	Wap.
4,14	69,02	—	3,70	4,78	—	16,83	5,47	0,04	—	?	4	Herapath.
2,60	53,70	2,50	3,10	5,50	1,30	18,80	10,90	3,10	1,90	Am 27. September und 20. October geerntet.	2	G. Wolff.
?	68,51	Spur	2,51	3,87	1,29	12,52	8,53	0,46	2,29	In der Nähe der See gewachsen.	1	Gameron.
?	53,14	1,68	1,99	4,90	0,96	23,81	10,30	1,68	1,10	—	4	Bretschneider.
3,69	62,64	—	1,81	4,68	0,52	17,65	8,84	2,67	1,68	Von verschiedenen ge- düngtem Boden; sächsische rothe Zwiebel-K.	8	Megdorf.
—	46,44	8,71	3,94	3,59	3,87	23,21	5,77	4,22	1,36	—	3	Walz. (*)

4,54	64,80	1,44	2,03	4,26	1,92	16,84	4,72	1,36	3,39	Weisse, sächtliche Zwiebelst.	4	E. Seiden.			
4,25	59,50	9,53	2,50	3,25	3,26	10,48	6,89	—	6,11				Verschieden geblüht.	7	Anderson.
4,10	63,39	1,17	2,06	4,77	0,89	16,00	6,62	1,80	4,24						

Kartoffel: Kraut.

13,75	26,43	2,85	33,72	6,17	4,39	7,48	5,17	2,48	14,55	Von blühenden Pflanzen. Von abgeblühten Pflanzen.	1	Way und Dgton. dief.		
15,00	13,34	7,44	43,09	6,99	4,40	2,64	5,96	9,57	8,48				Am 17. und 29. Juli. Von abgeblühten Pflanzen am 2. October. Von abgeblühten Pflanzen.	1
8,70	21,30	0,60	33,50	19,70	3,40	7,20	4,40	8,20	4,60	8	Anderson.			
5,16	6,38	0,76	46,70	25,50	2,97	5,50	5,55	4,26	3,08			2		
14,30	37,88	0,11	24,61	5,66	1,57	14,00	5,58	—	13,70	10	Mittel.			
11,23	23,87	1,73	33,61	12,94	3,90	7,34	4,79	5,34	9,58			Von blühenden Pflanzen. Von abgeblühten Pflanzen.	10	Mittel.
11,49	19,20	2,77	38,13	12,72	2,98	7,38	5,70	4,61	8,42					

Wiesenheu.

a. Von gewöhnlichen Wiesen.

9,00	11,84	7,72	19,48	8,90	0,47	6,95	6,03	27,00	11,61	—	1	Sr. Schufze. berf.			
10,00	11,14	3,01	16,89	7,47	0,49	7,48	5,08	41,19	7,25				—	1	Bouffingault.
6,10	23,40	1,90	19,30	7,80	1,04	5,80	2,90	34,00	2,80						

Aschen= procente.	Kali.	Natron.	Kalzerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Namen der Analytiker.
7,60	28,50	8,25	12,87	3,81	0,54	6,04	7,09	21,30	13,54	Von verschiedenen gedüngten Wiesen.	5	Gilbert und Sawes.
6,49	29,20	11,63	13,00	4,20	1,00	7,20	6,20	19,20	11,39	Von Saahwiesen vom Pfefferstrande.	1	G. Lehmann.
7,50	?	?	14,90	5,10	?	6,70	?	?	?	—	1	v. Gohren.
7,73	7,63	2,86	12,91	3,43	0,15	4,38	0,65	63,68	6,16	—	1	Way u. Ogston. (*)
8,66	36,06	2,92	9,12	4,08	1,55	12,05	3,79	24,17	7,97	—	1	Reitmann. (*)
11,40	9,71	26,44	7,30	—	2,23	15,70	3,02	26,00	12,41	—	1	berf. (*)
6,81	11,37	10,05	4,28	2,99	4,58	4,42	1,75	47,48	10,53	Andelheu.	1	Wick u. Perucci. (*)
8,36	23,73	3,67	11,72	9,43	12,15	6,52	4,40	22,67	7,15	Sauerheu v. Pregelwiesen.	1	G. Heiden. (*)
11,30	31,63		12,36	5,80	3,02	6,88	4,33	32,44	4,61	—	1	Heineberg und Enochmann.
8,28	21,82	6,51	15,54	6,15	1,09	7,72	5,27	28,36	6,44	—	12	Mittel.
b. Von Alpenwiesen.												
3,18	37,61	1,57	16,21	5,43	1,54	11,73	4,36	19,54	2,62	Gedüngt.	2	M. Fleischmann und v. Giese.
2,65	24,41	1,01	18,69	7,82	3,42	10,83	4,78	27,56	2,00	Ungedüngt.	2	dief.
2,92	31,01	1,29	17,45	6,63	2,48	11,28	4,57	23,55	2,31	—	4	Mittel.

1) und 4,36 Schonerbe.

c. Von Weiden und verschiedenen Wiesen.

5,11	37,59	1,29	14,38	5,38	0,97	7,83	5,52	22,74	5,54	1	Dietrich.
5,68	23,81	0,63	11,41	6,66	3,15	5,07	5,86	34,09	6,24	1	berf.
5,04	24,21	2,27	24,62	8,08	0,51	8,02	2,68	27,25	3,05	3	Schmidt.
3,91	19,77	1,92	22,45	9,14	1,59	10,71	3,26	26,61	4,36	3	berf.
3,07	12,14	1,09	32,70	16,65	1,16	10,39	1,80	22,25	2,37	1	berf.
3,94	24,21	1,49	22,50	8,73	1,35	14,75	3,28	21,01	3,63	2	berf.
6,96	27,94	5,32	20,05	7,57	1,74	6,42	5,19	18,80	7,72	2	Dietrich.
Notizen Rlee = Heu.											
7,99	20,13	3,18	42,60	13,51	1,17	7,64	5,03	4,03	3,42	2	Way und Ogton.
5,27	21,92	4,03	43,66	12,68	0,50	9,29	5,26	1,14	1,90	2	Hutwa.
6,58	30,62	1,47	39,83	10,18	0,68	10,18	4,49	1,72	1,09	2	berf.
?	29,44	—	36,00	nicht best.	nicht best.	7,47	2,76	nicht best.	4,84	1	Stohmann und Henneberg.
9,50	29,50	1,05	28,95	6,65	1,10	9,35	3,65	15,30	3,95	2	Bouffingault.
5,50	32,05	1,60	34,95	8,75	0,30	7,65	3,15	8,40	3,15	2	berf.
—	42,85	3,31	25,91	6,99	1,31	10,65	2,93	3,49	2,05	3	Baud und Spincus.
8,71	46,30	1,26	26,60	8,36	9,12	12,13	1,06	6,50	2,70	3	Ulbricht.

20*

Aschen- procente.	Kali.	Natron.	Kalzerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Schwefel- säure.	Kiesel- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
5,98	39,20	1,60	30,69	10,26	8,05	12,00	0,36	4,42	3,80	Pflanze in voller Blüthe.	3	Ulbricht.
6,34	48,60	1,60	24,90	6,80	0,80	8,30	4,10	3,70	1,30	Am 25. Mai und 25. Juni geerntet. Durchschnitt von ge- gypstem und ungegypstem Klee.	2	G. Wolff.
7,36	27,96	1,51	34,52	14,17	1,84	10,80	3,78	3,80	2,08	Verschieden gedüngt.	4	Mitthausen.
7,93	47,75	1,07	26,85	8,05	0,84	6,81	1,88	2,83	5,14	Mothee aus verschiedenen Samen.	4	Pincus und Möllig.
6,89	34,03	4,38	29,61	10,82	1,47	6,61	3,70	2,13	8,90	Verschieden gedüngt.	5	Anderfon.
6,15	22,86	1,15	37,65	19,12	0,64	9,43	3,22	1,06	6,29	Auf verschiedenen Böden gewachsen.	12	Bretschneider und Küllenberg.
7,06	36,78	1,46	35,94	7,29	0,55	11,65	3,04	0,56	3,55	Verschieden gedüngt.	22	G. Kreuzhage.
7,02	17,81	2,78	47,00	16,74	2,49	5,90	3,79	0,90	3,35	Verschieden gedüngt.	4	Dietrich.
7,30	33,34	0,65	36,10	10,04	1,64	7,15	4,77	2,81	4,40		6	Seiden und Güng.
7,04	33,01	1,89	34,22	10,65	2,03	9,00	3,35	3,92	3,64	—	79	Mittel.

Wundklee: Ganze Pflanze (Anthyllis vulneraria).

12,36	27,79	0,51	53,01	6,72	1,11	8,19	0,35	1,77	0,70	Kurz vor der Blüthe.	1	Fittbogen.
9,98	35,76	0,39	42,43	4,39	1,38	11,63	—	2,76	0,93	Bei Beginn der Blüthe.	1	berf.
13,03	29,58	1,03	47,69	4,06	1,95	9,03	—	6,05	0,79	4 Wochen nach Beginn der Blüthe.	1	berf.

Steinflie: Ganze Pflanze (*Melilotus leucanthus*).

1,71	44,49	2,48	20,67	7,82	—	13,82	4,51	0,66	5,54	—	1	Spieß.
7,16	17,49	7,73	32,25	9,94	2,40	14,07	8,81	4,50	3,65	—	2	Bay und Dgfon.
—	15,57	7,05	32,43	10,07	2,52	14,10	5,81	4,53	3,68	—	1	Sehmann.
7,16	16,53	7,39	32,34	10,01	2,46	14,09	7,31	4,52	3,67	—	3	Mittel.

Weißflie: Neu.

Bastardflie: (Schwedischer Flie) (*Trifolium hybridum*).

3,98	32,40	—	34,30	15,80	—	9,20	4,50	1,50	2,90	Volle Blüthe. Erster Schnitt.	1	Bay und Dgfon.
5,09	35,20	2,80	29,40	14,80	—	10,90	3,60	0,90	3,00	Steif. Zweiter Schnitt.	1	dief.
4,54	33,80	1,40	31,85	15,30	—	10,05	4,05	1,20	2,95	—	2	Mittel.

Doppelflie: (Neu) (*Medicago lupulina*).

7,25	40,22	4,95	19,72	9,61	1,61	5,53	4,94	2,03	12,06	Aus englischen Samen.	1	Andersfon.
6,68	37,77	3,88	22,80	10,22	1,05	8,76	5,41	1,24	11,44	Aus französischen Samen.	1	dief.
6,97	39,00	4,42	21,26	9,92	1,33	7,15	5,18	1,64	11,75	—	2	Mittel.

Neu von Luzerne.

Aschen= procente.	Kali.	Natron.	Kalcebe.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Chwefels- säure.	Kiefel- säure.	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Ana- lysen.	Namen der Analytiker.
—	26,40	0,90	34,60	9,00	0,90	10,40	7,50	2,50	1,80	Am 22. Mai geerntet.	1	Mayer (*)
—	30,10	57,30	57,30	2,80	0,50	7,10	4,20	2,20	1,80	Am 3. Juli geerntet; in voller Blüthe.	1	dersf. (*)
7,43	14,99	1,38	62,88	4,92	1,03	8,15	3,94	0,81	2,57	In der Blüthe.	1	Way und Ogston.
7,17	30,05	0,40	41,59	6,49	1,00	8,03	5,89	3,89	2,23	Am 25. Mai, 2 Fuß lang. Im 3. Jahre des Wachs- thums.	1	E. Wolff und Melin.
5,36	30,83	1,69	41,34	4,96	1,34	9,38	8,58	1,39	0,95	Am 15. Juni, Beginn der Blüthe. Im 3. Jahre des Wachs-thums.	1	dersf.
8,71	41,91	1,22	24,74	6,27	2,68	7,71	5,63	3,16	8,05	Guter Gartenboden, im 1. Jahre des Wachs-thums unter-sucht; in der Blüthe.	1	Ander-son.
7,17	29,45	1,17	42,64	5,66	1,51	8,32	6,01	2,31	3,45	—	4	Mittel.

Neu von Esparfette.

5,40	42,28	0,49	28,65	5,93	0,78	11,02	3,87	3,79	4,05	In der Blüthe.	1	Way und Ogston.
5,37	35,83	3,51	35,90	5,55	0,70	9,64	2,82	4,22	2,27	Hiemlich reif.	1	dersf.
6,28	29,40	2,90	43,77	10,18	1,43	4,64	3,66	2,07	3,36	Erster Schnitt.	1	Grouven. dersf.
7,89	33,12	1,09	43,58	7,13	0,92	3,25	5,12	2,29	4,49	Zweiter Schnitt.	1	dersf.
6,24	35,16	2,00	37,98	7,20	0,96	7,14	3,87	3,09	3,54	—	4	Mittel.

Statienisches Stahgras (Lolium perenne).

6,97	12,45	5,18	9,95	2,23	0,78	6,34	2,82	59,18	1,38	Blühend. Steife Pflanze. — Blühend. Im Beginn der Blüthe.	1	Wag und Dgston. dief. Weitmann. Wag und Dgston. Knop und Wrendt.
6,40	10,77	3,09	12,29	2,64	0,30	6,32	1,31	60,62	3,39		1	
8,51	36,12	3,07	9,12	4,08	1,55	12,03	3,79	24,17	7,99		1	
7,50	33,56	3,86	9,69	2,86	0,21	8,77	5,23	27,27	11,01		1	
7,74	?	?	3,50	1,70	1,00	6,20	?	49,60	?		1	
7,68	27,38	4,04	8,07	2,72	0,89	8,34	3,95	40,06	6,79	Von blühenden Pflanzen.	4	Mittel.
6,40	10,77	3,09	12,29	2,64	0,30	6,32	1,31	60,62	3,39	Steife Pflanze.	1	Mittel.

Thimothegras (Pleum pratense).

5,29	25,73	1,79	15,57	5,52	0,28	11,76	5,17	32,39	2,29	Im Blüthe stehend.	1	Wag und Dgston.
------	-------	------	-------	------	------	-------	------	-------	------	--------------------	---	-----------------

Zusammenstellung der gewonnenen Mittelzahlen.

Namen der Pflanzen.	Namen der Pflanzentheile.	Procente	Kali.	Natron.	Kalcerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Spiesphor.	Schwefeläure.	Äpfeläure.	Chlor.	Zahl der benutzten Analysen.
Winterweizen	Same.	2,01	32,22	1,66	3,32	12,60	0,59	46,76	0,53	2,10	0,22	94
"	Stroh.	5,54	14,97	2,65	5,79	2,40	0,79	4,07	1,90	65,33	1,99	8
"	Spren.	15,94	6,97	1,41	2,22	1,18	0,62	4,20	0,51	82,53	0,37	2
"	Ganze Pflanze (schossend).	9,75	33,68	1,85	4,95	1,45	0,85	7,40	2,85	42,20	7,72	2
"	Ganze Pflanze (in der Blüthe).	7,05	22,00	0,75	3,10	2,10	0,50	7,55	1,65	60,50	2,74	2
"	Ganze Pflanze (reif).	6,30	13,17	0,80	2,65	2,80	0,50	7,05	1,15	71,10	1,07	2
Sommerweizen	Same.	2,30	30,30	1,85	2,56	11,75	0,53	49,87	1,30	1,23	0,53	19
"	Stroh.	5,14	22,38	3,77	6,19	2,64	1,01	5,62	2,94	53,33	1,84	6
"	Same.	2,09	31,90	1,45	3,01	11,60	1,03	46,83	1,18	2,09	0,29	49
"	Stroh.	5,33	17,27	2,45	8,15	2,33	1,06	4,94	1,92	60,20	1,54	8
"	Stroh, Ueberz. u. Spren.	4,52	24,82	1,23	8,38	3,28	2,87	8,51	6,43	41,91	2,39	12
"	Ganze Pflanze (vor dem Schossen).	8,05	35,05	10,70	8,76	3,56	—	9,48	4,83	25,31	2,75	1
"	Ganze Pflanze (schossend).	5,61	41,86	1,86	12,26	5,31	—	10,52	4,52	18,37	6,85	1
"	Ganze Pflanze (Blüthe).	4,13	42,43	3,46	14,92	6,57	—	12,41	4,61	9,60	7,75	1
"	Ganze Pflanze (Reife).	2,79	37,02	2,06	16,42	8,56	—	19,48	5,99	7,90	7,90	1
Sommerroggen	Same.	2,41	34,20	1,45	—	12,40	—	50,99	—	1,01	—	1
"	Stroh.	6,14	30,84	0,39	7,66	1,99	—	4,90	5,64	48,50	—	1
"	Same mit den Spelzen.	2,45	22,61	2,14	2,75	9,71	0,92	35,98	1,49	23,78	0,61	41
Gerste	Stroh mit Spren.	4,78	18,13	3,59	8,37	2,55	0,74	4,11	2,93	58,25	2,09	13
"	Stroh ohne Spren.	4,90	24,45	3,79	7,95	3,38	0,87	5,24	3,70	46,78	5,10	8
"	Nachte Gerste.	2,05	30,32	1,64	3,09	12,43	1,62	46,57	1,44	2,90	—	3

Hafer	Samen.	3,26	15,58	1,97	3,83	7,55	10,06	24,29	1,54	43,11	0,57	35
"	Stroh.	5,08	22,98	4,81	7,97	3,59	1,72	3,66	3,65	44,29	4,03	4
"	Starter Pflanze	2,07	33,37	—	4,57	10,40	0,85	48,83	—	1,65	0,11	2
"	Ganze Pflanze (am 15. Juli).	8,39	46,39	3,10	6,57	3,00	0,70	8,50	4,07	24,67	4,60	3
"	Ganze Pflanze (am 4. Juli).	7,58	40,87	1,53	6,17	3,10	0,43	8,00	3,20	31,73	4,87	3
"	Ganze Pflanze (am 7. August).	6,30	25,83	2,20	6,40	3,60	0,83	9,20	2,07	47,53	3,03	3
Maïs	Same.	1,30	27,35	1,10	3,25	14,44	2,57	45,95	?	1,30	1,35	9
"	Stroh.	5,33	36,30	1,25	10,84	5,68	2,35	8,33	5,21	28,82	—	1
"	Grüne Pflanze.	5,83	33,52	4,82	14,32	12,88	3,14	10,95	3,86	12,45	5,27	5
Buchweizen	Same.	1,00	23,07	6,15	3,30	13,44	2,08	47,97	2,08	—	1,93	2
"	Ganze Pflanze, Grünfutter.	10,10	24,61	1,09	37,60	21,12	2,41	6,11	3,04	2,53	0,69	1
Erbsen	Same.	2,84	43,72	2,26	6,36	6,96	0,59	33,92	3,96	0,77	2,29	32
"	Stroh.	6,48	20,33	4,81	41,53	8,56	1,37	8,60	4,98	5,76	4,61	23
"	Ganze Pflanze (am 9. Juli geerntet).	8,10	46,90	2,40	22,30	7,20	1,30	12,50	3,60	1,20	3,20	1
"	Ganze Pflanze (am 25. Juli geerntet).	7,40	40,80	0,30	2,87	8,20	1,10	13,20	3,50	2,60	1,80	1
"	Ganze Pflanze (am 6. August geerntet).	7,70	37,70	1,50	2,98	9,10	0,70	13,20	5,00	1,30	2,00	1
"	Hülften, Stengel und Blätter.	5,41	30,76	2,28	37,59	10,50	1,64	7,07	5,30	3,78	1,08	6
Saubohnen	Same.	3,33	44,81	0,88	4,91	7,15	0,15	35,34	2,70	0,59	1,43	12
Gartenbohnen	Same.	3,01	44,35	1,51	7,67	8,99	0,29	31,24	4,30	1,13	0,96	8
Saubohnen	Stroh.	5,72	39,77	3,40	21,45	7,85	1,55	6,89	3,23	5,87	6,25	9
Gartenbohnen	Stroh.	6,20	28,26	12,18	27,56	6,81	1,16	9,49	4,15	5,01	7,65	4
Linjen	Same.	2,06	27,84	9,90	5,07	1,98	1,61	29,07	—	1,07	3,99	1
Wicken	Same.	2,63	34,28	9,50	5,05	8,03	0,63	34,01	6,82	0,74	1,37	9

Namen der Pflanzen.	Namen der Pflanzentheile.	Wassergehalt in Prozenten.	Nati.	Stratton.	Kalferde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Hydrochlor.	Äthyläure.	Stieläure.	Chlor.	Zahl der benutzten Analysen.
Wicken	Stroh und Spreu.	4,89	30,66	3,69	39,48	7,17	2,81	5,05	6,90	3,71	1,44	6
Roßklee	Same.	4,56	35,75	0,53	5,56	12,80	1,24	38,65	6,73	0,93	1,32	2
Weißklee	Same.	3,97	36,51	0,54	7,18	11,43	1,87	34,27	4,84	2,21	1,49	1
Ertrabella.	Same.	3,26	28,77	7,73	19,20	9,54	0,52	27,49	—	2,12	5,98	1
Steyrischer Klee	Same.	3,96	38,57	0,57	6,60	13,13	1,83	32,48	—	3,17	1,28	1
Esparsette	Same.	4,57	26,64	2,56	29,49	6,21	1,49	22,33	3,03	0,77	1,05	2
Blaue Lupine	Same.	2,98	31,85	2,27	9,33	9,72	0,60	37,28	7,72	0,79	0,34	2
Weißer Lupine	Same.	—	33,54	17,79	7,75	6,18	—	25,53	6,80	0,87	2,01	1
Gelber Lupine	Same.	4,36	30,09	0,70	7,35	15,37	1,14	38,17	5,03	1,88	0,51	12
Kapsel	Same.	4,32	23,14	0,66	15,15	12,72	1,32	43,25	2,83	0,57	0,20	16
"	Stroh.	4,95	31,28	7,42	29,62	5,70	1,85	5,10	7,31	3,70	8,70	12
Wein	Same.	3,57	31,10	2,17	8,66	13,86	1,09	40,69	0,87	1,45	0,33	5
"	Stengel.	3,57	37,79	4,87	22,69	6,00	3,64	11,05	5,38	6,42	3,88	7
"	Stengel (geröstet).	0,91	2,07	4,06	57,34	3,17	6,93	4,62	2,32	19,47	—	1
"	Ganze Pflanze.	4,14	34,74	4,96	16,70	8,44	0,64	20,56	5,42	2,72	6,14	3
"	Samenkapsel.	6,62	31,00	4,29	29,60	2,78	2,25	2,90	4,74	17,17	6,69	1
"	Blätter.	8,83	19,38	—	29,87	2,80	3,24	3,41	3,66	25,93	2,51	1
"	Faser der fetten Sorte.	1,12	1,70	3,33	47,00	2,60	3,84	3,79	1,90	15,96	Spur	1
"	Faser der groben Sorte.	0,76	4,47	0,62	54,58	0,27	3,08	4,95	3,81	6,18	—	1
Hanf	Same.	5,48	20,11	0,78	23,48	5,63	0,99	36,28	0,17	11,82	0,07	2
"	Ganze Pflanze.	4,60	17,58	3,03	41,75	9,24	0,54	10,97	2,66	7,78	2,36	2
"	Blätter und Stengel.	4,54	7,48	0,72	42,05	4,88	—	3,22	1,10	6,75	1,53	1
Hopfen	Kapseln.	—	36,29	2,11	18,38	4,70	1,82	13,22	?	17,09	3,49	10
"	Blüthen.	7,75	28,79	2,76	11,95	5,10	1,70	16,16	6,74	18,71	6,20	2
"	Blätter.	17,77	15,83	3,65	42,33	3,95	1,32	7,07	3,60	18,78	4,35	2

Namen der Pflanzen.	Namen der Pflanzentheile.	Alfthen- procente.	Kali.	Natron.	Kalcerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Phosphor- säure.	Thonerde- säure.	Stiefel- säure.	Chlor.	Zahl der benutzten Analysen.
Steinklee-Heu	—	1,71	44,49	2,48	20,67	7,82	—	13,82	4,51	0,66	5,54	1
Weißklee-Heu	—	7,16	16,53	7,39	32,34	10,01	2,46	14,09	7,31	4,52	3,67	3
Wasserklee-Heu	—	4,54	33,80	1,40	31,85	15,30	—	10,05	4,05	1,20	2,95	2
Hopfenklee-Heu	—	6,97	39,00	4,42	21,26	9,92	1,33	7,15	5,18	1,64	11,75	2
Heu von Luzerne	—	7,17	29,45	1,17	42,64	5,66	1,51	8,32	6,01	2,31	3,45	4
Heu von Esparfette	—	6,24	35,16	2,00	37,98	7,20	0,96	7,14	3,87	3,09	3,54	4
Stalien. Strohgras.	Von blühenden Pflanzen.	7,68	27,38	4,04	8,07	2,72	0,89	8,34	3,95	40,06	6,79	4
"	Von reifen Pflanzen.	6,40	10,77	3,09	12,29	2,64	0,30	6,32	1,31	60,62	3,39	1
Chimotheeegras	—	5,29	25,73	1,79	15,57	5,52	0,28	11,76	5,17	32,39	2,29	1

Kapitel VI.

§ 126.

I. Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Organen der Pflanzen.

Ueber die Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Theilen der Pflanze bieten die eben angeführten Tabellen schon Manches dar, da dieselben die Aschenmenge und die Beschaffenheit derselben bei den Samen und dem Stroh, theilweise auch bei der Spreu, oder die der Wurzel und des Krautes *ic.* zeigen. Diese Angaben genügen jedoch für die zu besprechende Frage noch nicht, da bei derselben auf noch mehrere Theile der Pflanzen Rücksicht genommen werden muß.

Untersuchungen über die Verschiedenheit der Aschenbestandtheile in den einzelnen Organen derselben Pflanze liegen außer den älteren von *Saussure*, *Berthier*, *Hartwig*, *Vogel* u. s. w. eine große Reihe neuerer vor, wie von *Norton* (Hafer: Blätter, Halme, Knoten, Spelzen und Körner); *Way* und *Dgston* (Kartoffel: Knollen in 3 und Kraut in 2 Vegetationsperioden); *E. Wolff* (Kastanienbaum: reife und unreife Früchte, Rinde, Holz, Blätter, Blüthen u. s. w.); *E. Staffel* (Nußbaum: Holz, Rinde und Blätter; — Kastanie: junges Holz, junge Rinde, Blätter); *M. Müller* (Delbaum: Holz, Blätter und Früchte); *E. Reichardt* (Weide: Blätter, Holz, junge und alte Rinde); *Schulz=Fleeth* (Roggenpflanze in verschiedenen Theilen und Vegetationsperioden); *Fr. Schulze* und *Greve* (Winterweizen: Radicula, Plumula und Samenreste); *Arendt* [Hafer: Ganze Pflanze, Stengel (untere, mittlere und obere Glieder), Blätter (untere und obere) und Aehrchen, erstere in je 5 und letztere in 4 Perioden]; *M. Müller* und *Mittenzwei* (Feldrübe: Blätter nach den verschiedenen Kreisen der Stellung der Blätter untersucht); *Bretschneider* (Hafer: Ganze Pflanze, Stengel, Blätter und Aehren in verschiedenen Vegetationsperioden; — weiße, grünköpfige Riesenmöhre, Wurzeln und Blätter); *Bretschneider* und *Rüllenberg* (Wein: Ganze Pflanze, Stengel und Blätter; — Zuckerrübe: Blätter, nach den verschiedenen Kreisen ihrer Stellung untersucht; — Zuckerrübe: Wurzeln in ihren einzelnen concentrischen Ringen untersucht nebst Kopf und Schwanz; — Zuckerrübe: Wurzeln und Blätter in je 6 Perioden der Vegetation); *Anderson* (Turnips: Wurzeln und Blätter in verschiedenen Vegetationsperioden); *Wunder* (Turnips: Theile des Keimlings, ganz junge Pflanze und Blätter in 5 Vegetationsperioden und aus

2 Jahrgängen); Hellriegel (Rothklee: die Mineralstoffe im Saft der Pflanze, in den einzelnen Organen und in verschiedenen Vegetationsperioden); Dietrich (Rothklee: Ganze Pflanze, Blätter, Blattstiele, Stengel, Blüten in verschiedenen Vegetationsperioden); Böller (Buche: frische und vertrocknete Blätter); Fittbogen (Pharmitis communis: Rispe, Stengel, Blätter u. s. w.); Schröder (Birke: Blätter, Zweigholz, Zweigrinde, Stammholz, weiße Rinde vom Stamm, Borke, Stammrinde u. s. w.); M. Weyer (Birke: Herbstblätter, Herbst- und Frühjahrsknospen; — Lupine: Pflanze als Keimling und reif, Blätter, Stengel, Schoten und Samen); H. Schulz (Cichorie: Wurzel und Blätter in 10 Vegetationsperioden); Pincus und Böllig (Rothklee: Pflanzen in der Blüthe, Stengel, Blätter und Blüten); E. Heiden und Fr. Voigt (Hafer: Stroh, Spreu und Ueberkehr zusammen und Körner; — Roggen wie Hafer in 3 Jahrgängen); E. Heiden und Wegke (Hafer, Wicken und Erbsen: Stroh, Spreu und Ueberkehr zusammen und Körner).

Es kann hier meine Aufgabe nicht sein, alle diese Untersuchungen zu besprechen, sondern es genügt für den hier vorliegenden Zweck, die Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Organen der Pflanzen darzuthun, einige dieser Untersuchungen anzuführen.

A. Bei den Cerealien.

Ich werde hier die Arbeit von Arendt über die Haferpflanze, welche zu den ausführlichsten, die überhaupt vorliegen, gehört, als Vertreterin der Cerealien kurz besprechen.

Die von Arendt zur Untersuchung benutzten Pflanzen waren auf einem Felde, welches im Jahre vorher mit Guano zu Roggen gedüngt war, gewachsen. Arendt bestimmte den Aschengehalt und die einzelnen Bestandtheile desselben, sowie die Holzfasern, das Fett, die stickstofffreie und stickstoffhaltige Substanz des unteren, mittleren und oberen Stengels, der unteren und oberen Blätter und der Aehren, und fand hier für die Mineralstoffe:

	Untere Stengel.	Mittlere Stengel.	Obere Stengel.	Untere Blätter.	Obere Blätter.	Aehren.
Kieselsäure	4,10	9,31	20,73	34,02	41,86	26,05
Schwefelsäure	0	1,30	1,18	3,26	7,53	4,96
Phosphorsäure	2,78	1,43	2,78	1,75	1,53	36,50
Eisenoxyd	1,05	0,02	0,20	2,75	0,59	Spur
Kalkerde	3,64	5,31	8,67	16,74	17,29	7,35
Magnesia	2,18	3,60	3,92	3,84	3,99	8,96
Chlor	8,61	11,74	7,49	1,68	2,49	3,84
Natron	0,41	1,58	1,09	0,94	0,42	0,15
Kali	81,20	68,38	55,94	36,91	24,81	13,03

Aus diesen Analysen ergibt sich für die einzelnen Mineralstoffe folgendes:

1. Kieselsäure; der procentige Gehalt derselben steigt im Halme von unten nach oben und ist in den Blättern bedeutend beträchtlicher als in dem Halme.

2. Schwefelsäure; die Stengelaschen enthalten nur geringe Mengen dieser Säure; die Blattaschen sind dagegen bedeutend reicher an derselben und zwar die oberen reicher als die unteren; bei den Aehrchen nimmt dieselbe wieder ab.

3. Phosphorsäure; dieselbe ist in den Stengeln und Blättern nur in geringer Menge enthalten, wobei diese noch ärmer als jene an derselben sind; dagegen ist die Asche der Aehrchen reich an Phosphorsäure.

4. Eisenoxyd; die Menge des Eisenoxyds, welches überhaupt in den Pflanzen nur in geringen Mengen vorkommt, ist in den unteren Stengeln und Blättern am größten, nimmt dagegen nach oben hin ab.

5. Kalk; der Gehalt der Stengel an Kalk ist ein bedeutend niedrigerer als der der Blätter; er nimmt in den Stengeln sowie Blättern von unten nach oben zu; in den Aehrchen findet dagegen wieder eine bedeutende Abnahme statt.

6. Magnesia; dieselbe nimmt sowohl in den Stengeln wie Blättern zu, jedoch ist ihre Menge in diesen Theilen dem Kalk gegenüber, vor Allem in den Blättern, nur eine geringe, dagegen ist der Gehalt der Aehrchen an derselben von allen Theilen der bedeutendste: er übertrifft hier den an Kalk.

7. Chlor; dasselbe findet sich in den Stengeln in bedeutend größerer Menge als in den Blättern. In den Aehrchen steigt der Gehalt an demselben den letzteren gegenüber wieder etwas.

8. Natron; dasselbe kommt in allen Theilen nur in geringen Mengen vor.

9. Kali; dasselbe ist in den Stengeln der bedeutend vorwiegendste Bestandtheil; es nimmt in denselben aber von unten nach oben hin ab; letzteres gilt auch von dem Kaligehalt der Blätter, der in diesen schon bedeutend sinkt, was aber noch mehr bei den Aehrchen der Fall ist.

§ 127.

B. Bei den Leguminosen.

Ueber die Vertheilung der Aschenbestandtheile bei den Leguminosen liegen mehrere Untersuchungen über den Rothklee vor.

Hier führe ich die Untersuchungen von Ulbricht in Dahme an, welche im Jahre 1858—59 angestellt wurden und bei denen der Klee in leh-

migem Sandboden gewachsen war. Ubricht bestimmte hierbei die Zusammensetzung der Asche der Stengel, Blattstiele, Blätter und Blüthen und ferner in einer anderen Versuchreihe auf tiefgründigem, humosem Sandboden, theilweise die Bestandtheile derselben Theile, dann auch noch die der Samen. Die Untersuchung des auf dem lehmigen Sandboden gewachsenen Klee's ergab bei der Entnahme Ende August:

	Stengel	Blattstiele	Blätter	Blüthen	Samen*)
Kali	7,2	9,4	4,3	30,9	34,5
Natron	3,7	0	1,3	1,0	0,3
Kalkerde	40,9	50,0	70,4	28,7	6,2
Magnesia	33,1	20,6	12,2	10,6	13,5
Phosphorsäure	9,2	11,8	8,3	20,2	43,4
Schwefelsäure	Spur	0	?	0,3	Spur
Chlor	2,3	3,3	0,4	3,0	1,3

Die Bestimmung des Schwefels geschah nur bei einzelnen Theilen.

Die Analysen zeigen:

1. Kali; dasselbe ist zur Zeit der Reife in den Stengeln und Blättern verhältnißmäßig nur in geringen Mengen enthalten, während es in den Blüthen und Samen mit den hervorragendsten Bestandtheil ausmacht.

2. Natron; dasselbe kommt auch bei den Leguminosen in allen Theilen derselben nur in geringen Mengen vor.

3. Kalkerde; dieselbe nimmt in den Stengeln, Blattstielen und Blättern von allen Aschenbestandtheilen die erste Stelle ein, tritt dagegen in der Blüthe und noch mehr in den Samen bedeutend zurück.

4. Magnesia; nächst der Kalkerde macht diese in den Stengeln, Blattstielen und Blättern den Hauptbestandtheil aus, in den Blüthen und Samen nimmt sie dagegen erst die 4. resp. 3. Stelle ein, ist aber im Samen, dem Kalk gegenüber, in beträchtlicher Menge vorhanden.

5. Phosphorsäure; dieselbe nimmt in Stengeln, Blättern und Blattstielen die 3. Stelle ein; ihre Menge ist in den letzteren von den dreien am größten; in den Blüthen steigt dieselbe aber bedeutend und noch mehr in den Samen, wo sie den vornehmsten Bestandtheil ausmacht.

6. Schwefelsäure; die Menge dieser Säure ist in allen Theilen nur eine unbedeutende; leider ist der Schwefel nicht

*) Von den Pflanzen vom humosen Sandboden.

überall bestimmt, so daß so die Gesamtmenge des Schwefels nicht mit der übrigen Stoffe verglichen werden kann.

7. Chlor; dieses kommt ebenfalls in allen Theilen nur in geringen Mengen vor; in größter Menge findet es sich in den Blattstielen und Blüthen, dagegen in geringster im Samen.

C. Bei den Cruciferen.

Was ferner die Cruciferen anbetrifft, so liegt hier nur eine Untersuchung über den Kaps von Pierre vor, bei welcher jedoch nicht sämtliche Bestandtheile, sondern nur die Phosphorsäure, der Kalk und die Alkalisalze bestimmt sind, weshalb ich diese Untersuchung hier nicht weiter bespreche.

§ 128.

D. Bei den Wurzel- und Knollengewächsen.

Was die Vertheilung der Aschenbestandtheile auf die einzelnen Organe bei den Wurzel- und Knollengewächsen anbetrifft, so sind bei den meisten nur Wurzeln und Blätter in Betracht gezogen worden. Da wir nun diese ja in den obigen Tabellen kennen gelernt haben, so ist eine Anführung derselben hier nicht erforderlich. Von Bretschneider liegt eine Untersuchung über die Vertheilung der Aschenbestandtheile in den einzelnen Blattkreisen der Zuckerrübe vor, welche hier noch angeführt zu werden verdient.

Bretschneider untersuchte die Blätter von fünf verschiedenen Blattkreisen und fand hier folgendes, wobei ich noch bemerke, daß I. den äußeren Blattkreis und die andern Zahlen die nächstfolgenden bezeichnen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kali	18,74	25,98	32,78	37,41	50,27
Natron	15,21	14,43	15,79	15,01	11,09
Chlornatrium	5,76	6,39	5,82	6,02	6,55
Kalkerde	24,20	19,21	18,20	15,77	4,76
Magnesia	24,48	22,29	13,05	8,95	6,71
Eisenoxyd	1,42	0,49	0,63	0,58	0,51
Phosphorsäure	3,30	4,81	5,82	8,90	12,69
Schwefelsäure	5,37	5,61	5,63	5,22	5,86
Kieselsäure	1,52	0,79	2,68	2,14	1,56

Diese Analysen zeigen uns, daß während der Gehalt an Kali und an Phosphorsäure von außen nach innen bedeutend steigt, der an Kalk und an Magnesia dagegen abnimmt; der

Schwefelsäure-Gehalt ist in allen Blattkreisen derselbe; dasselbe gilt in geringen Schwankungen vom Natron.

Bemerkt muß hier zugleich noch werden, daß die Zusammensetzung der Blätter der Knollen- und Wurzelgewächse eine außerordentlich schwankende ist, wie dies die Zusammenstellung der über dieselben vorliegenden Analysen auf der Tabelle pag. 403 u. f. zeigt; die Untersuchung Bretschneider's giebt hierfür zum Theil eine Erklärung.

§ 129.

II. Zusammensetzung der Asche in den verschiedenen Perioden der Entwicklung der Pflanzen.

Untersuchungen über die Vertheilung der Aschenbestandtheile in den einzelnen Vegetationsperioden, welche großes Interesse darbieten, liegen ebenfalls schon in ziemlich zahlreicher Menge vor.

Ich nenne hier die Arbeiten von Rithausen (Wicke: den 9. Juli, 25. Juli und 6. August geerntet; — Erbsen: den 9. Juli, 25. Juli und 6. August geerntet; — Luzerne); Scheven (Gerste: den 28. Juni, 17. und 30. Juli und 8. und 21. August geerntet); E. Wolff und Yelin (Hafer: 4 verschiedene Varietäten in 3 resp. 4 Vegetationsperioden und in 1, resp. 3 Jahrgängen; — Winterweizen: 4 Varietäten in 3 Vegetationsperioden und theilweise in 2 Jahrgängen; — Gerste: 3 Varietäten in 3 Vegetationsperioden und zum Theil in 2 und 3 Jahrgängen; — Wintergerste: in 2 und 3 Vegetationsperioden und in 3 Jahrgängen; — Rothklee: 3 Perioden, von 2 Feldern und Jahrgängen im 2. Jahre des Wachstums; — Luzerne: in 3 Perioden und 2 Jahrgängen); E. Wolff (Winterraps: in verschiedenen Vegetationsperioden; — Kartoffeln: 2 Sorten in 3 und 4 Vegetationsperioden und aus 2 Jahrgängen (Knollen und Kraut); — Futterrunkel: Wurzel und Blätter in je 3 Vegetationsperioden); Bretschneider und Mehdorf (Mosarhirse: in 5 Vegetationsperioden); Bretschneider (grünpöpfige Riesenmöhre: Wurzeln und Blätter in 5 Vegetationsperioden); Bretschneider und Kullenberg (Wein: Ganze Pflanze, Stengel, Blätter in 5 Vegetationsperioden); Ulbricht (Rothklee: Ganze Pflanze, oberer und unterer Stengel, Blattstiele, Blätter, Blüten, Samenhüllen und Samen, im 1. und 2. Jahre des Wachstums, in 3 und 4 Vegetationsperioden); Pincus (Thimotheegras: vor, in und nach der Blüthe); Dietrich (Rothklee: Ganze Pflanze, Blätter, Blattstiele, Stengel, Blüten in je 6 und 8 Vegetationsperioden aus 3 Jahrgängen und von 3 Feldern von fast gleicher Bodenbeschaffenheit); E. Heiden (Kartoffel: Knollen in 4 Vegetationsperioden); Siller (Zwergbohne in 3 Vegetationsperioden); E. Heiden, v. Gruber und Friksche (Rothklee: oberirdischer Theil und Wurzel in 4 Vegetationsperioden; — Roggen: oberirdischer Theil und Wurzel in 4 Vegetationsperioden; — Winterraps: oberirdischer Theil und Wurzel in 2 Vegetationsperioden); Deek (Italienisches Raygras in 7 Vegetationsperioden); J. Fittbogen (Gerstepflanze: in verschiedenen Vegetationsperioden); Heinrich (Weizenpflanze: in der Blüthe, nach der Blüthe, angehende Reife, Ueberreife); P. Wagner (Klee: in, vor und zu

Ende der Blüthe); E. Heiden und G ü n g (Weizen: oberirdischer Theil und Wurzel in 3 Vegetationsperioden; — Gerste: oberirdischer Theil und Wurzel in 3 Vegetationsperioden). Ferner verweise ich auf die in diesem Kapitel unter I pag. 445 gemachten Angaben.

Diese Untersuchungen haben sich theilweise auf die Erforschung der Bestandtheile der Pflanzen und ihrer einzelnen Organe, theilweise nur auf die der ganzen Pflanze in den einzelnen Vegetationsperioden erstreckt. Es kann auch natürlich bei dieser Frage meine Aufgabe nicht sein, die sämmtlich vorliegenden Arbeiten zu besprechen, sondern ich werde mich auch hier auf eine kurze Beschreibung einiger dieser Arbeiten zu beschränken haben.

A. Bei den Cerealien.

Als Repräsentanten für die Cerealien nehme ich auch hier die Haferspflanze und die Untersuchung derselben von Urendt, die wir zum Theil schon in dem vorigen Kapitel kennen gelernt haben.

Urendt untersuchte die Haferspflanze am 10. Juni (1. Periode), am 30. Juni (2. Periode), am 10. Juli (3. Periode), am 21. Juli (4. Periode) und am 31. Juli (5. Periode, völlige Reife).

In allen Perioden wurden die einzelnen Theile, soweit sie vorhanden waren, wie untere, mittlere und obere Stengel, untere und obere Blätter und die Aehrchen untersucht.

Die Resultate zeigt die folgende Tabelle:

	Untere Stengel:					Mittlere Stengel:				Obere Stengel:			
	Per. I.	Per. II.	Per. III.	Per. IV.	Per. V.	Per. II.	Per. III.	Per. IV.	Per. V.	Per. II.	Per. III.	Per. IV.	Per. V.
Kieselsäure	5,89	6,72	6,42	4,66	4,10	6,43	6,30	8,00	9,31	6,04	9,16	18,12	20,43
Schwefelsäure .	4,03	2,15	0	0	0	0,90	1,11	1,20	1,30	Spur	1,03	1,06	1,18
Phosphorsäure	13,31	6,09	4,48	3,04	2,78	7,47	10,23	3,68	1,43	4,21	14,14	2,54	2,78
Eisenoxyd .	0,61	0,59	0,14	1,28	1,05	0,30	0,19	0,12	0,02	0,25	0,28	0,13	0,20
Kalk .	4,72	6,05	4,19	3,56	3,64	7,91	4,87	5,30	5,31	7,24	6,27	7,27	8,67
Magnesia	4,69	3,86	2,14	2,34	2,18	4,69	4,41	4,14	3,60	5,87	3,87	5,26	3,92
Chlor	11,63	10,28	8,22	7,34	8,61	9,79	8,83	10,72	11,74	3,04	5,79	7,95	7,49
Natron	11,15	4,16	2,40	1,37	0,41	2,92	2,34	0,96	1,58	2,04	2,19	0,95	1,09
Kali	46,59	57,55	58,67	78,03	81,20	61,79	63,71	68,30	68,38	61,95	57,59	58,49	55,95

	Untere Blätter:					Obere Blätter:					Strohhalmen:				
	Periode					Periode					Periode				
	I.	II.	III.	IV.	V.	I.	II.	III.	IV.	V.	II.	III.	IV.	V.	
Rieselsäure.	23,89	30,20	30,39	33,80	34,02	11,35	18,72	29,24	39,38	41,86	28,34	36,37	27,49	26,05	
Schwefelsäure.	2,22	7,04	4,41	2,85	3,26	3,35	5,00	5,84	6,84	7,53	2,90	Spur	1,51	4,96	
Phosphorsäure.	5,41	3,34	3,06	2,40	1,75	12,75	7,70	4,79	2,06	1,53	15,10	20,85	33,50	36,50	
Eisenoxyd	0,53	0,92	1,38	2,09	2,75	0,53	0,54	0,66	0,73	0,59	0,46	0,14	Spur	Spur	
Kalzerde	15,28	12,83	16,68	17,20	16,73	9,87	16,02	16,75	16,25	17,19	8,96	8,76	8,69	7,35	
Magnesia	2,91	2,27	1,88	2,59	3,84	5,82	3,18	2,88	3,41	3,99	5,72	6,01	7,25	8,96	
Kalk	7,07	5,06	4,98	3,13	2,49	7,07	5,06	4,98	3,13	2,49	4,82	3,79	5,00	3,84	
Stratton.	2,24	0,99	0,64	1,19	0,94	0,24	2,27	1,28	0,98	0,42	1,26	1,59	0,60	0,15	
Radi.	43,88	42,23	38,61	36,37	36,91	50,42	41,22	34,66	27,99	24,81	33,68	22,56	17,14	13,03	

Aus diesen Analysen folgt:

1. Rieselsäure; der procentische Gehalt an derselben steigt im Halme von unten nach oben und mit dem Alter; in den Blättern ist er an und für sich beträchtlich höher als im

Halme, steigt aber regelmäßig nur mit dem Alter, wogegen er von unten nach oben bis zur Blüthezeit ab- und nach derselben aber zunimmt.

2. Schwefelsäure; die Stengelasse ist in allen Perioden sehr arm an dieser Säure; bedeutend reicher sind die Blätter, bei denen der Gehalt bis auf 7,5 % steigt; bei den Aehrchen ist die Menge eine schwankende: in der Blüthezeit ist sie bei denselben bis auf eine Spur verschwunden, steigt dann aber wieder bis zur Reife auf 5 %.

3. Phosphorsäure; der Gehalt an Phosphorsäure ist während des Wachsthum's bedeutenden Schwankungen unterworfen; in den unteren Stengel fällt er continuirlich von 13,3 auf 2,8; in den mittleren findet zuerst eine Steigerung von 7,5 auf 12,2, dann aber ebenfalls eine Verminderung auf 1,4 % statt; in den oberen tritt, wie in den mittleren zuerst eine Vermehrung von 4,2 auf 14,1 ein, dann aber ebenfalls eine Abnahme bis auf 2,8 %. Für die unteren Blätter, deren Gehalt an Phosphorsäure überhaupt ein geringer ist, gilt dasselbe, was eben von den unteren Stengelgliedern angegeben ist: eine beständige Abnahme von 5,4 auf 1,7 %; demselben Gesetze sind die oberen Blätter unterworfen, nur daß der Gehalt derselben in der ersten Periode ein wesentlich bedeutenderer als der der unteren ist. Bei den Aehrchen sehen wir fortwährende Steigerung, von 15,1 auf 36,5 %.

4. Eisenoxyd; dasselbe kommt stets nur in geringen Mengen vor; der Gehalt der Stengel an demselben ist ein schwankender; bei den Blättern findet mit dem Alter eine Zunahme statt, welche bei den unteren bedeutender als bei den oberen ist; bei den Aehrchen tritt dagegen Abnahme ein, so daß sich in der letzten Periode nur Spuren finden.

5. Kalkerde; die Menge derselben ist bei den Stengeln in den einzelnen Perioden Schwankungen ausgesetzt, die, aber je weiter nach oben um so geringer werden; bei den Blättern, die bedeutend kalkreicher sind als die Stengel, findet mit wenigen Ausnahmen eine Zunahme statt; bei den Aehrchen dagegen eine geringe Abnahme.

6. Magnesia; der Gehalt der Stengel an Magnesia nimmt mit wenigen Ausnahmen mit dem Alter ab, und ist geringer als der an Kalk; in den Blättern, deren Gehalt an Magnesia im Verhältniß zum Kalk noch ein bedeutend geringerer als der der Stengel ist, finden Schwankungen statt; zunächst nämlich Abnahme

und dann wieder Zunahme; bei den Mehrchen sehen wir fortwährende Steigerung, von 5,72 bis 8,96 ‰.

7. Chlor; bei den unteren Stengeln tritt mit Ausnahme der letzten Periode eine Verminderung desselben von 11,6 auf 7,4 ‰ ein, in den mittleren mit Ausnahme der 2. Periode eine Steigerung von 9,8 auf 11,74 ‰; dasselbe gilt von den oberen; in den Blättern dagegen fällt der Gehalt an Chlor mit dem Alter, so bei den unteren von 4,7 auf 1,7 und bei den oberen von 7,07 auf 2,49 ‰. Die Menge des Chlors in den Mehrchen ist Schwankungen unterworfen, so daß der Gehalt derselben in der 2. und 4. (4,8 und 5,0) und in der 3. und 5. (3,8) fast gleich ist.

8. Natron; die Natronmenge der einzelnen Stengelglieder ist eine verschiedene; die untersten enthalten am meisten, bei ihnen findet mit dem Alter eine regelmäßige Abnahme statt; die mittleren und oberen sind arm an Natron: hier zeigt sich eine Abnahme bis zur 4. Periode und dann eine geringe Steigerung. Der Natrongehalt der Blätter ist ein geringer und schwankender; bei den Mehrchen, welche am wenigsten von dieser Basis enthalten, findet in der ersten Periode eine geringe Vermehrung (von 1,3 auf 1,6) und dann eine Verminderung bis auf 0,15 ‰ statt.

9. Kali; diese Basis ist der vornehmste Bestandtheil des Stengels; ihre Menge steigt in dem unteren und mittleren mit dem Alter (von 46,6 auf 81,2 resp. von 61,8 auf 68,4), in dem oberen tritt dagegen eine Abnahme von 62 auf 56 ‰ ein. Dieselbe Verminderung des Kaligehalts mit dem Alter sehen wir bei den Blättern und Mehrchen, so daß er in den unteren Blättern von 43,9 auf 36,9, in den oberen von 50,4 bis auf 24,8 und in den Mehrchen von 33,7 auf 13,03 ‰ fällt.

§ 130.

B. Bei den Leguminosen.

Von Ritthausen liegen Untersuchungen über die Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Vegetationsperioden von Leguminosen vor, von denen ich hier die mit Erbsen angestellten anführe:

Ritthausen hat die ganze Pflanze in 3 Perioden und zwar am 9. und 25. Juli und am 6. August untersucht und hierbei folgende Resultate erhalten:

	9. Juli.	25. Juli.	6. August.
Kalkerde	22,3	28,7	29,8
Talkerde	7,2	8,2	9,1
Kali	46,9	40,8	37,7
Natrium	1,8	0,2	1,1
Kieselsäure	1,2	2,6	1,3
Schwefelsäure	3,6	3,5	5,0
Chlor	3,2	1,8	2,0
Phosphorsäure	12,5	13,2	13,2
Eisenoxyd	1,3	1,1	0,7
Asche in der trocknen Pflanzenmasse	8,1	7,4	7,7

Diese Analysen zeigen somit bei den Erbsen ein progressive Zunahme des Kaltes und der Magnesia und eine Abnahme der Alkalien mit dem Alter. Die Kieselsäuremenge ist im Gegensatz zu den Cerealien eine geringe; der Gehalt an Phosphorsäure steigt von der 1. zur 2. Periode, bleibt dann aber in der 3. Periode derselbe wie in der 2.

§ 131.

C. Bei den Wurzelgewächsen.

Von den Untersuchungen, welche über die Entwicklung der Wurzelgewächse vorliegen, führe ich die von Wunder mit Turnips an.

Bei diesen Versuchen erfolgte die Aussaat am 18. Mai und von da wurden die Pflanzen im Alter von 3, 7, 13, 18 und 24 Wochen untersucht, wobei Blätter und Wurzeln für sich der Analyse unterworfen sind. Wunder erhielt hierbei die folgenden Resultate:

1. Blätter.

	nicht verpflanzt:		verpflanzt:		
	3 Wochen	7 Wochen	13 Wochen	18 Wochen	24 Wochen
Eisenoxyd	3,17	5,22	4,25	2,37	0,94
Kalk	37,72	43,25	32,04	31,52	34,50
Magnesia	7,40	8,08	4,62	4,87	4,79
Kali	20,56	12,02	19,55	22,29	23,82
Natron	3,11	2,07	4,56	—	1,89
Chlorkalium	—	—	—	6,85	—
Chlornatrium	3,17	5,81	9,81	11,98	13,87
Phosphorsäure	11,40	7,00	9,68	8,33	9,37
Schwefelsäure	9,40	5,52	9,74	9,80	9,01
Mineralsubstanz in 100 Theilen Trockenmasse: }	17,02	10,15	16,01	15,67	13,77

2. Wurzeln:

	nicht verpflanzt:		verpflanzt:		
	3 Wochen	7 Wochen	13 Wochen	18 Wochen	24 Wochen
Eisenoxyd	3,29	5,33	6,26	1,81	1,75
Kalk	31,00	21,32	8,47	8,25	9,28
Magnesia	6,86	7,99	4,50	4,07	3,82
Kali	25,52	21,95	32,36	41,81	43,12
Natron	9,60	7,10	11,82	4,18	5,46
Chlornatrium	?	3,93	5,11	9,72	7,21
Phosphorsäure	7,69	10,66	13,67	15,03	16,92
Schwefelsäure	10,15	14,47	12,26	12,54	11,14
Kieselsäure	5,89	7,23	5,56	2,60	1,31
Mineralsubstanz in 100 Theilen Trockensubstanz:)	17,73	7,88	11,34	8,85	9,16

Die Analysen lassen erkennen, daß der Gehalt der Wurzeln an Kali und Phosphorsäure mit dem Alter steigt; der Kalkgehalt, sowie auch der an Magnesia sich dagegen mit dem Alter der Wurzeln verringert, und daß die übrigen Stoffe theilweise nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen sind. Bei den Blättern variirt der Kali- sowie Phosphorsäuregehalt in den einzelnen Perioden, jedoch nur unbedeutend. Kalkerde und Magnesia nehmen von der 2. Periode mit dem Alter der Pflanze ab. Der Kieselsäuregehalt ist in den älteren Pflanzen beträchtlich geringer, als in den jungen.

In Betreff des Kalkgehalts hat *Anderson*, wie ich hier noch erwähnen muß, bei den Blättern eine stetige Verminderung erhalten, während der der Wurzeln sich fast gleich blieb. Die Resultate *Wunder's* wurden von ihm bei einem 2. Versuche im Allgemeinen bestätigt gefunden.

§ 132.

D. Bei den Knollengewächsen.

Für die Knollengewächse führe ich eine Untersuchung von mir über die Vertheilung der Mineralstoffe in den Kartoffelknollen in vier verschiedenen Perioden an.

Die Kartoffeln (die weißfleischige, sächsische Zwiebel) waren am 29. April gelegt; die Knollen wurden am 30. Juli, 18. August, 2. und 30. September geerntet. Die Untersuchung ergab:

	Am 30./7. geerntet.	Am 18./8. geerntet.	Am 2./9. geerntet.	Am 30./9. geerntet.
Eisenoxyd	1,64	1,93	2,04	1,92
Kalkerde	2,94	2,63	3,14	2,03
Magnesia	1,40	3,95	3,60	4,26
Kali	66,32	63,75	63,46	64,80
Natron	2,60	2,22	1,85	1,44
Chlor	5,14	4,33	5,00	3,39
Schwefelsäure	4,46	4,09	5,04	4,72
Phosphorsäure	13,04	15,74	14,59	16,84
Kieselsäure	3,01	2,34	2,42	1,36
Aschengehalt der Trockensubstanz in Procenten:	5,76	4,21	4,89	4,54

Bei den hier gewählten Perioden, welche für ein richtiges Bild der Entwicklung der Kartoffel noch nicht früh genug ge-
griffen sind, finden wir keine bedeutenden Schwankungen im
Gehalt an den einzelnen Bestandtheilen; wir sehen, daß im
Allgemeinen der Gehalt der Knollen an Kalkerde, Kali, Natron
und Kieselsäure ab- und der an Magnesia und Phosphorsäure
zunimmt, während die übrigen Bestandtheile geringen Schwankun-
gen unterworfen sind.

§ 133.

III. Welchen Einfluß übt die äußere Entwicklung auf die Zusammensetzung der Asche der Pflanzen aus?

Für die Beantwortung dieser entschieden sehr wichtigen Frage
liegen leider nur wenige Arbeiten vor. Der erste, welcher Pflan-
zen von gleicher Vegetationszeit, aber verschiedenem Grade der
Entwicklung der Untersuchung unterworfen, war Ritthausen,
dem bis jetzt nur Arendt (Hafer) und Wunder (Turnips)
gefolgt sind.

Ritthausen stellte seine Untersuchungen mit Hafer, Gerste, Weizen
und Roggen an und zwar wurden diese Pflanzen in verschiedenem
Alter (aber nicht bis zur vollständigen Reife), ganz der Analyse unter-
worfen.

Die Resultate seiner Untersuchungen, bei denen außer der Asche und
deren Bestandtheilen noch die Trockensubstanz und der Stickstoff bestimmt
wurden, sind folgende:

A. Hafer.

	16. Juni 1856		17. Juni 1856		26. Juni 1857	
	fett	mager	fett	mager	fett	mager
Kieselsäure	15,37	25,31	15,82	30,92	25,34	32,02
Kalk	7,79	6,62	5,22	4,26	9,74	9,51
Magnesia	—	—	—	—	7,76	5,40
Kali	—	—	57,76	45,89	22,58	28,15
Chlorkalium	—	—	—	—	9,40	7,20
Natron	—	—	—	—	7,76	1,28
Phosphorsäure	5,05	4,45	4,21	5,73	10,95	12,08
Schwefelsäure	3,83	3,58	5,45	5,45	5,95	4,11
Eisenoxyd	—	—	—	—	0,60	0,38
Kohlensäure	—	—	—	—	Spur	nicht vor- handen
Asche der frischen Substanz	—	—	1,62	1,64	1,18	1,29
Trockensubstanz	12,10	13,71	15,11	20,82	21,82	24,14

B. Gerste.

	12. Juni 1856		22. Juni 1857		16. Juni 1856	
	fett	mager	fett	mager	fett	mager
Kieselsäure	13,85	25,69	23,48	33,51	18,60	32,31
Kalk	7,39	8,96	11,53	9,94	7,26	3,13
Magnesia	3,00	3,16	5,73	5,42	2,85	2,65
Kali	—	—	27,94	23,34	48,18	45,74
Chlorkalium	—	—	15,91	11,61	Chlor	nicht best.
Natron	—	—	2,49	3,21	—	—
Phosphorsäure	7,47	5,06	6,74	8,51	7,78	11,01
Schwefelsäure	5,07	4,62	4,37	3,87	3,83	2,59
Eisenoxyd	—	—	0,59	0,55	—	—
Kohlensäure	—	—	Spur	nicht vor- handen	Spur	nicht vor- handen
Asche der frischen Substanz	1,79	1,97	1,49	1,58	1,83	1,77
Trockensubstanz	12,85	18,49	21,82	24,14	15,63	22,29

C. Roggen.

	2. Juni 1856	
	fett	mager
Kieselsäure	21,22%	37,36%
Kalk	11,30	6,89
Phosphorsäure	11,65	12,73
Schwefelsäure	6,43	3,76
Kohlensäure	Spur	nicht vor- handen
Asche der frischen Substanz	1,55	1,82
Trockensubstanz	33,46	35,76

Die übrigen Stoffe sind nicht bestimmt.

D. Weizen.

	3. Juni 1856		10. Juni 1856		17. Juni 1856		29. Juni 1857	
	fett	mager	fett	mager	fett	mager	fett	mager
Kieselsäure .	25,39	29,83	31,31	51,68	29,78	53,30	46,25	58,75
Kalk .	4,27	3,90	9,03	3,25	4,58	3,63	7,73	4,09
Magnesia .	—	—	—	—	—	—	3,63	2,25
Kali . .	—	—	—	—	—	—	24,86	20,90
Chlorkalium .	—	—	—	—	—	—	6,55	3,68
Natron .	—	—	—	—	—	—	Spur	Spur
Phosphorsäure .	7,66	8,98	9,01	6,84	5,04	8,48	6,63	8,49
Schwefelsäure .	3,37	3,51	5,07	2,67	3,66	2,62	2,68	1,53
Eisenoxyd .	—	—	—	—	—	—	0,23	0,20
Kohlensäure .	—	—	—	—	—	—	Spur	nicht vor- handen
Asche der frischen Substanz .	1,85	2,23	1,60	1,30	1,91	2,09	—	—
Trockensubstanz	22,65	23,53	23,92	25,27	20,67	29,03	30,07	36,64

Aus diesen Versuchen folgert Ritthausen im Wesentlichen:

1. Die höher entwickelten Pflanzen enthalten immer eine größere Menge Vegetations-Wasser.

2. Die Menge der Mineralsalze ist ebenso groß, als in den mageren Pflanzen, sehr oft aber größer.

3. Der Gehalt der Aschen von kräftigen Pflanzen an Kieselsäure ist meist viel geringer, als der von Aschen magerer Pflanzen.

4. In den Aschen der fetten Pflanzen ist die Summe der Alkalien, einschließlich des Chlors, größer als in den andern.

5. Ebenso in den meisten Fällen die Summe der alkalischen Erden.

6. Die Summe der alkalischen Basen ist daher in der Asche der fetten Pflanzen größer, als in der von mageren.

7. Zu erwähnen ist, daß die Aschen der mageren Pflanzen in 8 Fällen höheren Gehalt an Phosphorsäure nachweisen, dagegen fast immer beträchtlich niedrigen Gehalt an Schwefelsäure, den Aschen der fetten Pflanzen gegenüber; hieraus folgt nun:

8. Daß die kräftige Vegetation — auf gleichen Bodenarten — dem Boden mehr Mineralstoffe entzieht, als die minder kräftige.

Die weniger vollkommene Entwicklung der Pflanzen ist nach Ritthausen vielleicht zum Theil darin begründet, daß die Pflanzen in zu früher Lebens-Periode verhältnißmäßig zu große Mengen Kieselsäure aufnehmen, oder daß die Basen sich zu dieser Zeit in nicht ausreichender Menge assimilirbar für sie darbieten.

Die Richtigkeit dieser Ansicht wird durch die in einem der nächsten Paragraphen folgende Darlegung der Bedeutung der Mineralstoffe für das Pflanzenleben um so einleuchtender erscheinen, weshalb ich hier nicht näher darauf eingehe.

Die Untersuchungen von *Wunder* ergaben für die *Turnips-*wurzeln in 100 Theilen Asche (frei von Sand, Kohle und Kohlensäure) die folgenden Zahlen:

	74 Tage nach der Bepflanzung:		96 Tage nach der Bepflanzung:	
	Große Wurzeln	Kleine Wurzeln	Große Wurzeln	Kleine Wurzeln
Eisenoxyd	1,96	2,45	1,83	3,65
Kalk	8,37	8,84	10,00	8,30
Magnesia	4,07	4,41	4,14	5,07
Kali	42,25	40,98	46,13	38,48
Natron	9,48	8,84	10,00	10,77
	66,13	65,52	72,10	66,27

Die anderen Stoffe sind nicht bestimmt worden.

Diese Zahlen zeigen, daß die kleinen Pflanzen in den Wurzeln an Eisen reicher sind (eine Thatfache, die auch ich bestätigt gefunden habe); dagegen sind die Wurzelaschen der kleinen Pflanzen ärmer an Kali, als die der kräftig entwickelten.

Bei den Aschen der Blätter wurden nur geringe Differenzen erhalten; der Eisengehalt der kleineren auch hier größer, als der der großen; die Zahlen führe ich hier deshalb nicht weiter an.

§ 134.

IV. Welchen Einfluß übt die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens auf die Zusammensetzung der Pflanzen aus?

Die auf pag. 403 u. f. aufgeführte Tabelle über die Aschenbestandtheile unserer vornehmsten Culturpflanzen enthält von sehr vielen derselben eine ziemlich bedeutende Anzahl von Analysen, welche theilweise in den wesentlichsten Bestandtheilen ganz bedeutend variiren. Da nun diese, theils von denselben, theils von verschiedenen Chemikern ausgeführten Analysen uns die Zusammensetzung derselben Pflanzen vorführen, so folgt daraus,

daß die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens, die klimatischen Verhältnisse und auch die Art auf die Zusammensetzung der Pflanzen und ihrer Theile nicht unwesentlich influiren. Daß die klimatischen Verhältnisse auf die ganze Entwicklung der Pflanze einen bedeutenden Einfluß ausüben, ist bekannt; es ist daher aus diesen verschiedenen Analysen der Einfluß, der auf Rechnung des Bodens zu setzen ist, nicht mit Sicherheit zu bestimmen, noch viel weniger aber, in welchem Grade die physikalischen und in welchem Grade die chemischen Eigenschaften des Bodens hierbei in Betracht kommen. Ebenso wenig wie diese Analysen genügen aber auch die leider nur wenigen Untersuchungen, welche direct zur Entscheidung dieser Frage angestellt sind, zur endgiltigen Beantwortung derselben.

So zeigen die Untersuchungen von *W a y* und *D g s t o n* mit Hafer, auf Thon- und Sandboden gewachsen, im Kaligehalte bei den Samen im Thon-, gegenüber dem Sandboden, das eine Mal eine Zunahme, das andere Mal eine Abnahme; dasselbe gilt von der Phosphorsäure; während beim Natron auf Sandboden beide Male eine Vermehrung eingetreten, die aber bei der einen Sorte bedeutend größer, als bei der andern ist. Der Gehalt an Kalkerde ist auf beiden Böden bei beiden Arten ein ziemlich constanter; dasselbe gilt von der Magnesia bei der einen Art; bei der andern dagegen ist eine wesentliche Verringerung eingetreten. In Betreff der Kieselsäure haben wir das eine Mal eine Abnahme, das andere Mal eine Zunahme. Noch mehr differirt die Zusammensetzung des Strohes.

Die Untersuchungen derselben Chemiker über die Zusammensetzung der Roggen-Samen von schlammgedüngtem Boden und Sandboden zeigen wesentliche Differenzen im Gehalt an den einzelnen Bestandtheilen, so differirt z. B. der Gehalt der auf schlammgedüngtem Boden gegenüber der auf Sandboden gezogenen Pflanzen an Kali um 7,1, der an Phosphorsäure um 8,5, der an Magnesia um 2,9, der an Kalkerde um 4,1 und der an Kieselsäure um 11 $\frac{0}{10}$.

Dagegen zeigen die Analysen von rothem und weißem Klee auf Quarz- und Thonboden nicht bedeutende Schwankungen im Gehalt an den einzelnen Bestandtheilen.

Andererseits bieten wieder die Versuche mit Erbsen auf Thon- und Quarzboden nicht unwesentliche Differenzen dar, welche bei den Samen vor Allem den Gehalt an Kalkerde und Phosphorsäure, beim Stroh dagegen den an Kali, Schwefelsäure und Kieselsäure betreffen.

Bedeutende Schwankungen in Betreff des Kalkes und der Phosphorsäure, sowie geringere des Kalis zeigen ferner die auf Thon- und Quarzsandboden gewachsenen Bohnensamen, welche beim Stroh bei fast allen Bestandtheilen in noch höherem Grade auftreten.

C. N ö t h e untersuchte *Ajuga reptans* auf Kalk- und Thonboden gewachsen und fand hier in Betreff der Alkalien, vor allem aber der alkalischen Erden und der Kieselsäure nicht unbedeutende Verschiedenheiten.

Die Zusammensetzung der Asche war nämlich nach Abzug der Kohlensäure, der Kohle und des Sandes in 100 Theilen, wie folgt:

Ajuga reptans auf Kalkboden:		auf Thonboden gewachsen:
Kali . .	37,312	36,388
Chlorkalium	5,043	—
Natron .	—	4,807
Chlornatrium	2,661	2,781
Kalkerde	23,734	15,699
Magnesia	10,702	5,433
Eisenoxyd . .	2,702	1,695
Manganoxyduloxyd	Spur	2,289
Phosphorsäure	5,460	5,512
Schwefelsäure	3,629	3,678
Kieselsäure	8,606	21,713
	<hr/>	<hr/>
	99,938	99,995
Aschenprocente der bei 100° C. getrockneten Substanz	10,375	9,456
Kohlensäure	11,513	11,166

Die Untersuchung von *Knop* und *Ritter* über die Entwicklung von Bohnenpflanzen in künstlich präparirtem Thon-, Kalk-, Gyps- und Sandboden zeigt in Betreff der Zusammensetzung der Asche der Samen nur geringe Differenzen, welche dagegen aber im Stroh bedeutender sind.

Von *Malagutti* und *Dutrocher* liegen Untersuchungen über den Kalkgehalt mehrerer verschiedenen Familien angehöriger Pflanzen vor, welche auf Kalkboden und auf nichtkalkhaltigem Boden gewachsen sind, und welche in Betreff dieses einen Bestandtheils einen wesentlichen Einfluß des Bodens auf die Zusammensetzung der Asche darthun.

Beide Analytiker fanden den Kalkgehalt derselben Pflanzen auf den beiden Bodenarten, wie folgt:

	Kalkboden:	Nichtkalkhaltiger Boden:
Cruciferen: } <i>Brassica oleracea</i>	27,98	13,62
	„ <i>Napus</i>	19,48
Leguminosen: } <i>Trifolium pratense</i>	43,32	29,72
	„ <i>incarnatum</i>	26,68
Dipsaceen: <i>Scabiosa arvensis</i>	28,60	17,16
Liliaceen: <i>Allium porrum</i>	22,61	11,41
Gramineen: <i>Dactylis glomerata</i>	6,24	4,62
Umentaceen: <i>Quercus pedunculata</i>	70,14	54,00

Betrachten wir schließlich noch die Untersuchung von *Wunder* über die Zusammensetzung der Turnipspflanze in Sand- und Lehmboden, welche durch mehrere Jahre fortgesetzt ist, so sehen wir hier einen deutlichen Einfluß der Beschaffenheit des Bodens auf die Zusammensetzung der Asche. Die Wurzeln enthielten nämlich in 100 Theilen Mineralsubstanz:

	im Sand gewachsen			im Lehm Boden ge- wachsen.	
	1tes Jahr	2tes Jahr	3tes Jahr	1tes Jahr	2tes Jahr
Eisenoxyd .	0,69	—	0,98	1,72	0,91
Kalk .	5,47	—	10,77	9,28	9,61
Magnesia .	3,97	—	6,41	3,82	4,12
Kali .	58,29	52,16	43,36	43,12	44,83
Natron .	11,68	15,60	10,76	10,60	7,50
Phosphorsäure .	8,47	—	10,57	16,92	16,38
Schwefelsäure .	8,47	—	12,55	11,14	12,53
Chlor .	3,01	—	3,72	2,66	2,30
Kieselsäure .	0,61	—	1,72	1,31	2,38

Fassen wir die Resultate aller dieser Versuche zusammen, so läßt sich aus denselben, glaube ich, mit Sicherheit nur der Schluß ziehen, daß die Beschaffenheit des Bodens bis zu einer gewissen Grenze einen Einfluß auf die Zusammensetzung der Asche ausübt. Welcher Antheil hierbei aber auf die physikalischen und welcher auf die chemischen Eigenschaften des Bodens kommt, läßt sich bis jetzt noch nicht bestimmen. Die in den jetzt folgenden Paragraphen besprochenen Fragen stehen zum Theil mit der soeben abgehandelten in Zusammenhang und werden daher ebenfalls mit zur Beantwortung derselben beitragen.

Von weiteren Arbeiten führe ich noch an:

Röschlin (Krappwurzeln: kalkreicher und kalkarmer Boden).

Way und Ogston (Gerste: Körner von Chevaliergerste auf Thon-, Lehm-, Sand- und Kalkboden. — Gerste: Körner von Moldaugerste auf Thon- und Sandboden. — Möhre, weiße, belgische; auf verschiedenen Böden. — Erbsen, Körner und Stroh, Kreide- und Thonboden).

Preuß. Oeconomie-Collegium (Erbsen und Kohlkraut: gleiche Saatfrucht, verschiedene Böden und die Analysen von verschiedenen Chemikern ausgeführt).

Schulz-Fleeth (Kartoffeln: Sandboden und Raseneisenstein führender Niederungsboden).

Rautenberg (Winterroggen: (Stroh) und Rothklee auf Keupermergel und buntem Sandstein gewachsen).

Ulbricht (Rothklee: humoser Gartenboden und lehmiger Ackerboden).

Ehlerts (Zuckerrübe: Wurzel und Blätter, sandiger Lehm Boden und lehmiger Kalkboden).

Auderson (Turnips: Wurzeln, Sand- und Lehm Boden).

H. Schulz (Cichorie: Wurzeln und Blätter von verschiedenen Böden).

Peßoldt (Krappwurzeln: verschiedene Böden und von verschiedenem Alter).

Dietrich (Rothklee: verwitterter Buntsandstein- und Rhythschieferboden).

§ 135.

V. Welchen Einfluß hat die Düngung auf die Zusammensetzung der Asche der Culturpflanzen?

Für die Beantwortung dieser Frage liegen eine Reihe von ausführlichen Arbeiten vor. Ein großer Theil dieser Untersuchungen ist zur Erklärung der Wirkung des Gypses auf Alee angestellt worden; da diese Untersuchungen im 2. Bande bei der Besprechung der Gypsdüngung ihre Stelle finden, so werde ich sie hier nur kurz anführen und zwar um so mehr, weil ich glaube, daß sie für die angeregte Frage entweder höchst wenig oder gar nichts Entscheidendes bieten können, denn die Wirkung des Gypses ist ja vorherrschend eine indirecte.

Düngungsversuche mit andern Pflanzen, bei denen zugleich eine ausführliche Analyse der Ernten vorgenommen ist, sind nicht viele ausgeführt worden. Die überaus reichlichen, ja man kann gewiß sagen, leider viel zu reichlichen Düngungsversuche ohne begleitende ausführliche Untersuchungen sind natürlich hier ohne Werth.

Die hier in Betracht kommenden Arbeiten sind:

Bouffingault (Rothklee: ungedüngt und mit Gyps gedüngt). Lawes und Gilbert (Winterweizen: Körner, ungedüngt, mit Stallmist und mit verschiedenen künstlichen Düngemitteln gedüngt; Heu: ungedüngt und gedüngt mit Ammoniaksalzen und Mineräldünger). Böller (Winterweizen: ungedüngt und mit Superphosphat gedüngt; Zwergbohne: Stroh, gewachsen auf verschieden gedüngtem und präparirtem Torf. Kartoffel: Knollen und Kraut in rohem Torf und in solchem, gemischt mit phosphorsaurem, schwefelsaurem und kohlsaurem Ammoniak, phosphorsaurem Natron, phosphorsaurem Kali und Gyps, cultivirt; Zuckerrübe: Wurzel und Blätter; in rohem Torf und in solchem mit kohlsaurem Kali, kohlsaurem Ammoniak, phosphorsaurem Kalk, kohlsaurer Magnesia und Kochsalz gemischt, gewachsen; Winterweizen: Körner, auf ungedüngtem und mit Superphosphat gedüngtem Boden gewachsen; Sommerweizen: Körner und Stroh auf ungedüngtem, sowie auf mit Guano, schwefelsaurem Ammoniak, schwefelsaurem Ammoniak und Kochsalz, Holzasche, Chilisalpeter, phosphorsaurem Ammoniak und Kochsalz und mit Knochenmehl gedüngtem Boden gewachsen; Winterroggen: Körner und Stroh, ungedüngt, sowie mit Phosphoritpulver, Superphosphat, Superphosphat und Chilisalpeter, Superphosphat und Kochsalz, Superphosphat, Chilisalpeter und Kochsalz, Superphosphat, Ammoniak und Kochsalz und Superphosphat, Glaubersalz und Kochsalz gedüngtem armen Kalkboden. Gerste: Körner, auf mit Guano, schwefelsaurem Ammoniak, schwefelsaurem Ammoniak und Kochsalz, Knochenmehl, Superphosphat und stickstoffhaltigen Substanzen, Phosphorit und Gyps, Superphosphat, Superphosphat, Ammoniak und Kochsalz, Natronsalpeter und auf mit Kalisalpeter gedüngtem verschiedenen Boden gewachsen. Gerste: Stroh, von mit Superphosphat, Superphosphat, Ammoniak und Kochsalz, Natronsalpeter und mit Kalisalpeter gedüngtem Boden).

E. Wolff (Gerste: Stroh, ungedüngt und mit Kochsalz, Kalisalpeter, Soda, Potasche, Bittersalz, Glaubersalz und Aetzalk gedüngt. — Hafer: Ganze Pflanze in Nährstofflösungen. — Buchweizen: Stroh, ungedüngt und mit Kochsalz, Salpeter, Potasche, Bittersalz und Aetzalk gedüngt. — Acker-spörgel: Ganze Pflanze von ungedüngtem und mit Holzasche und kohlen-saurem Kali, mit Holzasche und krystallisirter Soda, mit Holzasche und kohlen-saurer Magnesia, mit Holzasche und Kochsalz und mit Holzasche, Kochsalz, kohlen-saurem Kali und Salmiak gedüngtem Boden).

Fr. Schulze (Sommerweizen: Körner, ungedüngt, sowie gedüngt mit kohlen-saurem Kalk, Gyps, Knochenkohle und Holzasche. — Ackerbohne: von ungedüngtem und mit kohlen-saurem Kalk, Gyps, Knochenkohle und Holzasche gedüngtem Boden).

Daubeny (Gerste: Verhältniß von Kali und Natron bei derselben nach einer Düngung mit kohlen-saurem Kali, kohlen-saurem Natron und Kochsalz).

Ritthausen (Rothklee: ungedüngt und mit Asche und Gyps ge-düngt. — Oberndorfer Munkelrübe: ungedüngt und gedüngt mit Natron-salpeter und mit Stallmist).

Bretschneider und **Küllenberg** (Zuckerrübe: verschieden ge-düngt. — Rothklee: ungedüngt, mit Gyps und mit Abraumsalz gedüngt).

Karunrod (Maulbeerblätter: von 10, 12 und 20jährigen Pflanzen, Boden ungedüngt und gedüngt).

Siegert (Weizen und Roggen: nach Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak, salpetersaurem Kalk, saurem phosphorsauren Kalk, saurem phos-phorsauren Kalk und Ammoniak und saurem phosphorsauren Kalk und salpetersaurem Kalk).

Schlösing (Tabak: gedüngt mit Kali-, Kalk- und Magnesiumsalzen).

Bretschneider und **Mehrdorf** (Kartoffel: nach einer Düngung mit verschiedenen Mengen von Knochenmehl, Potasche und Poudrette).

Bretschneider und **Küllenberg** (Zuckerrübe: ungedüngt und gedüngt mit verschiedenen Mengen von Knochenmehl, Superphosphat, Chilisalpeter, schwefelsaurem Ammoniak, Holzasche, Knochenkohle und Aetzalk).

Pincus und **Falke** (Futterrübe und Zuckerrübe: ungedüngt und mit Knochenmehl, Superphosphat und Guano gedüngt).

Anderson (Kartoffeln: Knollen und Kraut von 2 Sorten, unge-düngt und mit Superphosphat und Guano gedüngt, sowie nach gewöhnlicher und nach besonders starker Mistdüngung).

Hulwa (Rothklee: ungedüngt und mit Gyps gedüngt).

Birner und **Lucanus** (Hafer: Körner und Stroh, Pflanze in Nährstofflösungen von verschiedenen Zusammensetzungen und Concentra-tionen).

Kreuzhage (Rothklee: Ganze Pflanze, ungedüngt, mit schwefel-saurem Kali, schwefelsaurem Natron, schwefelsaurem Kalk, schwefelsaurer Magnesia, Kochsalz, Schwefelsäure, Salzsäure zc. gedüngt).

Pincus und **Böllig** (Zuckerrübe: Wurzeln von ungedüngtem und gedüngtem Boden, und zwar mit Chlorkalium, schwefelsaurem Kali, Super-phosphat, Chilisalpeter, Chlorkalium, Superphosphat und Chilisalpeter, schwefelsaurem Kali, Superphosphat und Chilisalpeter, Chlorkalium und Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter, schwefelsaurem Kali und Superphosphat, schwefelsaurem Kali und Chilisalpeter. Rothklee: ganze Pflanze, Stengel, Blätter und Blüten, ungedüngt und mit Gyps und Bittersalz gedüngt).

Heideprie m (Maulbeerblätter: von leichtem, ungedüngtem Boden und von leichtem, mit Kalisuperphosphat gedüngtem Boden).

W. Fleischmann und v. Giese (Alpenheu: gedüngt und ungedüngt).

F. Stohmann (Zuckerrübe: Wurzel, ungedüngt und gedüngt mit schwefelsaurem Kali, Chlorkalium, schwefelsaurem Kali und Chlorkalium, Chlornatrium, Chlornatrium und schwefelsaurem Kali, Chlornatrium, schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Magnesia, Chlornatrium, Chlorkalium und schwefelsaurer Magnesia und endlich mit schwefelsaurer Magnesia).

E. Heiden und Voigt (Hafer und Roggen: (3 Jahrgänge) auf ungedüngtem oder mit gebranntem Kalk, schwefelsaurem Ammoniak, phosphorsaurem Kalk und schwefelsaurem Kali gedüngten, schweren Boden — Granitverwitterungsboden; untersucht: die Körner und das Stroh, die Spreu und die Ueberkehr zusammen).

E. Heiden und Wehke (Hafer, Wicken und Erbsen: Boden, Düngung und Untersuchungsart wie oben).

E. Heiden und Güng (Rothkleeheu: Boden und Düngung wie oben).

Die Resultate dieser Versuche liefern leider für den Einfluß, welchen eine Düngung auf die Zusammensetzung der Asche ausübt, nichts Entscheidendes, weshalb ich hier unterlasse näher auf dieselben einzugehen, und um so mehr, da der nächste Paragraph Gelegenheit geben wird, einige von den Ergebnissen der genannten Versuche zu besprechen.

VI. Bedeutung der Mineralstoffe für das Pflanzenleben.

1. Die Basen.

§ 136.

a. Die Funktion derselben.

Ueber die Funktion der Basen beim Leben der Pflanzen wissen wir bis jetzt noch nicht viel. v. Liebig äußert sich über die Funktion der Basen in seiner Agriculturchemie 7. Aufl. pag. 92 wie folgt: „Die meisten, man kann sagen, alle Pflanzen enthalten organische Säuren von der mannigfaltigsten Zusammensetzung und Eigenschaften; alle diese Säuren sind an Basen gebunden, an Kali, Natron, Kalk oder Bittererde, nur wenige Pflanzen enthalten freie organische Säuren; diese Basen sind es offenbar, welche durch ihr Vorhandensein die Entstehung dieser Säuren vermitteln; mit dem Verschwinden der Säure bei dem Reifen der Früchte, der Weintraube z. B. nimmt der Kaligehalt ab.“ Die organischen Säuren sind ferner nach v. Liebig Uebergangsglieder der Kohlensäure in organische Verbindungen, (Oxalsäure, Weinsäure, Zucker, Stärkemehl), deshalb ist das

Vorhandensein der alkalischen Basen und ihre Mitwirkung notwendig für die Entstehung der Säuren und deren Uebergehen in Stärkemehl, Holzfaser u. s. w. Hieraus folgt, daß die Pflanzen im Boden bestimmte Basen in angemessener Menge vorfinden müssen, wenn sie sich in demselben entwickeln sollen.

Mit dieser Auffassung v. Liebig's stimmt die von Kochleder im Allgemeinen überein.

Für die Erklärung v. Liebig's sowie Kochleder's sprechen scheinbar verschiedene Thatsachen, z. B. unter anderen die von A. Hilger über den Zucker- und Säuregehalt reisender Weintrauben erhaltenen Resultate:

Hilger fand in 100 Theilen Beeren:

Tag der Probe-Entnahme.	Oesterreicher Trauben.		Riesling-Trauben.	
	Weinsäurehydrat	Fruchtsucker	Weinsäurehydrat	Fruchtsucker
16. August	2,65	1,33	4,95	1,23
22. "	2,55	2,18	2,47	1,81
28. "	1,27	2,13	1,65	2,39
1. September	1,27	2,18	1,20	2,18
12. "	1,20	4,49	1,19	2,89
17. "	0,67	5,33	1,05	3,87
23. "	0,60	7,71	0,75	7,70
10. October	0,52	9,90	0,67	8,64
10. November	0,52	9,90	0,75	8,21

Diese Zahlen liefern aber doch kein wirkliches Beweismaterial für die Liebig'sche Auffassung über die Stoffbildung im Pflanzentkörper und sind auch, was nicht unangeführt bleiben darf, als solches von Hilger nicht hingestellt worden. Die allmähliche Abnahme der Säuremenge, sowie die Zunahme von Zucker erklärt sich unschwer durch die nicht precäre Annahme, daß die Säuren einerseits allmählich durch Basen gebunden und so als freie Säuren dem Saft mehr und mehr verschwinden und die Zunahme des Zuckers andererseits durch Einwanderung desselben aus anderen Organen in die Trauben. Neubauer hat durch seine Untersuchungen bestimmt nachgewiesen, daß die Blätter, die Ranken und die jungen Triebe des Weinstockes nicht ganz unbedeutende Mengen von Zucker enthalten.

Mulder, welcher bekanntlich ein entschiedener Gegner v. Liebig's ist, greift auch die Auffassung v. Liebig's über die Bedeutung der organischen Basen für das Pflanzenleben an. Nach Mulder ist die Bildung der organischen Säuren nicht die Folge, sondern die Ursache des Eintrittes einer größeren Kalimenge. Er sagt: „Die Citronensäure wird in den Citronen erzeugt, ohne daß sie sich mit einem Alkali sättigt. Wenn nun aber Citronensäure in der Pflanze ohne Mitwirkung von Alkali entsteht, so kann dies eben auch so gut bei einer anderen Säure, der Weinsteinensäure, der Fall sein. Die Zahl der Früchte, welche nicht mit Alkali gesättigte Säuren ent-

halten, ist ziemlich groß.“ Daß Mulder durch das Obige nichts gegen die Liebig'sche Anschauung bewiesen hat, bedarf der weiteren Darlegung nicht. Erwähnt mag nur noch werden, daß Mulder überhaupt die Entstehung organischer Stoffe als die Ursache des Eintretens der unorganischen Körper aus dem Boden in die Pflanze auffaßt.

Nach Schleiden, Schacht und Anderen, sind die Säuren nicht die Anfangs- sondern die Endproducte der Stoffherzeugung, welche einer weiteren Verwendung nicht mehr fähig sind; es soll dies durch die Thatsache bewiesen sein, daß manche Säuren in Form unlöslicher Salze abgeschieden und in den Pflanzen abgelagert werden. Dieser Beweis ist sicherlich nicht als ein genügender anzusehen, da ja in gewissen Pflanzen immerhin eine bestimmte Säuremenge in Form von unlöslichen Salzen abgelagert werden, und doch eine andere Säuremenge zum Aufbau der Pflanzen dienen könnte.

Derartige Deductionen führen uns aber leider unserem Ziele nicht näher.

In neuester Zeit ist A. Mayer der v. Liebig'schen Auffassung über die Bedeutung der Pflanzen Säuren besonders entgegen getreten. Er ging hierbei von der Annahme aus, daß „wenn die Pflanzen Säuren mit dem Assimilationsproceß in einer unmittelbaren Beziehung stehen — wenn sie die Zwischenstufen darstellen zwischen dem Rohmaterial (der Kohlen Säure und dem Wasser) und den Kohlehydraten, dann muß in den Blättern, welche bereits die betreffende Säure enthalten, eine Zeitlang, auch ohne Kohlen Säure Sauerstoffabscheidung möglich sein.“ Seine in dieser Richtung mit Oxalsäure angestellten Versuche führen Mayer zu dem Schlusse, daß „die Oxalsäure nicht als Ausgangspunkt eines in der chlorophyllhaltigen Zelle unter Einwirkung des Lichtes stattfindenden Reductionsproceßes dienen kann.“

In Betreff der Verwandlung der Pflanzen Säuren, also der sauerstoffreichen Körper in sauerstoffarme Verbindungen verdanken wir Heyne und Link Beobachtungen, nach welchen die Blätter von *Cotyledon calycina*, *Cacalia ficoides*, *Portulacaria afra* und *Sempervivum arboreum* des Morgens sauer, des Mittags geschmacklos und des Abends bitter sind.

Diese Beobachtungen sind von A. Mayer bestätigt, der weiter constatirte, daß Blätter dieser Pflanzen in kohlen Säurefreier Luft bei Einwirkung des Sonnenlichtes Sauerstoff ausscheiden, im Dunkeln dagegen Sauerstoff durch die Athmung binden. (Vermehrung und Verminderung des Volumens).

Blätter dieser Crassulaceen in Gemeinschaft mit Blättern von Fuchsen, Balsaminen, Boorbeer u. a. m. in ausgekochtes Wasser gebracht, entwickelten während der Insolation andauernd Gas, während bei den letzteren nicht die geringste Menge austrat; das von den Fettpflanzen entwickelte Gas bestand zu 80—90 % aus Sauerstoff.

Hiernach glaubt A. Mayer den Beweis geliefert zu haben, daß grüne Pflanzentheile im Sommerlichte auch aus anderen Verbindungen als der Kohlensäure (also hier von noch nicht weiter bestimmten Pflanzen Säuren der Fettpflanzen) Sauerstoff abspalten können.

Es steht diese Auffassung im Widerspruch mit einem früheren Ausspruche Mayer's, wonach die Pflanzen Säuren das Endproduct des Assimilationsprocesses sein sollen.

Gegen diese Versuchsergebnisse Mayer's, sowie deren Folgerungen tritt de Bries auf's Entschiedenste auf, indem er bei der kritischen Beleuchtung der Arbeit nachzuweisen sucht, daß die Versuche für die Schlußfolgerung völlig unzulänglich und die von Mayer beobachtete Gasabscheidung nicht auf Reductionsercheinungen vorhandener Pflanzen Säuren beruht, sondern von in den betreffenden Pflanzen aufgespeicherter Kohlensäure herrührt. Auf diese Kritik de Bries erwiederte Mayer mit Aufführung neuer Versuchsergebnisse, welche seine früheren Resultate bestätigten und die Behauptung von de Bries, daß die Sauerstoffabscheidung auf Zerlegung von zurückgehaltener Kohlensäure beruhe, als nicht richtig hinstellen. In einer neuen Arbeit weist Mayer nach, daß die betreffende Säure eine isomere Äpfelsäure sei.

Auch Mercadante hat aus seinen Versuchen über den Gaswechsel reisender Pflaumen den Schluß gezogen, daß sich hierbei Zucker durch Umwandlung einer Säure und zwar der Äpfelsäure bilde.

Weitere Versuche in derselben Richtung sind jedenfalls erforderlich, um diese so wichtige Frage zur Entscheidung zu bringen; auch ist hierbei wünschenswerth, daß bei Wiederholung derselben größere Mengen von Pflanzensubstanz angewendet werden, damit die erhaltenen Gas mengen mehr als Bruchtheile eines, resp. einen oder etwas mehr als einen Cubikcentimeter, wie meistens bei Mayer, betragen.

Einen weiteren Beweis für die, wenn auch seiner Zeit wenig begründete und nicht ganz richtige Anschauung v. Liebig's über die Bedeutung der Pflanzen Säuren für das Pflanzenleben hat A. Stutzer durch folgende interessante Versuche gebracht. Stutzer betrat hierbei einen anderen Weg als Mayer, indem er die Frage zu beantworten versuchte, ob Pflanzen (Chlorophyllhaltige und Chlorophyllfreie), welche statt der Kohlensäure als einzige Kohlenstoffquelle gewisse Pflanzen Säuren, resp. andere organische Verbindungen erhalten, hieraus unter Abgabe von Sauerstoff, Kohlehydrate und überhaupt Baustoffe des Pflanzenkörpers bilden? Wenn auch Stutzer, wie er selbst ausspricht, diese Frage noch nicht vollständig gelöst hat, so zeigen doch die von ihm erhaltenen Resultate eine entschiedene Abhängigkeit zwischen

der chemischen Constitution gewisser organischer Verbindungen und ihrer physiologischen Wirkung. „Die Fähigkeit organischer Stoffe,“ sagt Stüger, „den Pflanzen direct als Kohlenstoffquelle zu dienen, wird theilweise durch die Molekular-Structur bedingt, außerdem sind dabei selbstredend noch andere Factoren (z. B. Löslichkeit der betreffenden Verbindungen im Zellsaft u. s. w.) maßgebend.“

Stüger fand, daß die Oxalsäure und die Ameisensäure nicht fähig sind, der Pflanzenzelle direct als Kohlenstoffquelle zu dienen. — In Betreff der Oxalsäure Bestätigung der Resultate von A. Mayer und Widerlegung der v. Liebig'schen und Nocheleder'schen Ansicht. — Essigsäure und Bernsteinsäure können von den Pflanzenzellen direct zu Baustoffen verwendet werden, während die höheren Glieder dieser Reihe, wie die Buttersäure und Valeriansäure hierzu nicht im Stande sind.

Als directe Kohlenstoffquellen können dagegen wieder die Milchsäure, Apfelsäure, Citronensäure, Weinsäure und Glycerinsäure dienen und sind diese Säuren als ausgezeichnete directe Nährstoffe zu bezeichnen.

Auch zuckerartige Stoffe, sowie Methylalkohol und Glycerin reihen sich den zuletzt genannten Säuren an, während Amylalkohol, Aldehyd und Kohlenoxyd unfähig sind, die Pflanzen mit Kohlenstoff zu versorgen.

Hat so auch die bisherige Betrachtung bis zu einem bestimmten Grade dargethan, daß gewisse organische Verbindungen, in's Besondere gewisse Pflanzensäuren sich direct am Aufbau der Pflanzen betheiligen können, so ist bis jetzt doch noch der so wichtige Nachweis zu führen, daß dieselben in den Pflanzen direct aus Kohlenensäure und Wasser entstehen? Wir haben daher weiter zu untersuchen, ob bis jetzt bereits Thatsachen vorliegen, welche uns den Beweis liefern, daß die Pflanzensäuren oder andere Verbindungen als erste sichtbare Producte des Assimilationsprocesses erkannt sind? In Betreff der Pflanzensäuren fehlt dieser Nachweis noch, dagegen liegen uns schöne Arbeiten vor, welche uns andere Verbindungen als Anfangsproducte des Assimilationsprocesses kennen lernen.

In erster Reihe verdanken wir den interessanten Arbeiten von J. Sachs, welche durch Pfeffer und Andere bestätigt sind, schöne Aufschlüsse in dieser so sehr wichtigen Frage. Aus diesen Arbeiten läßt sich wohl mit voller Sicherheit der Schluß ziehen, daß das Stärkemehl, wenigstens vorwiegend, das erste sichtbare Assimilationsproduct der Pflanzen ist. Nach diesen Forschern bildet sich in den Chlorophyllführenden Zellen aus Kohlenensäure und Wasser unter Abgabe von Sauerstoff und unter dem Einfluß des Sonnenlichtes zunächst Stärkemehl. Bestimmt ist weiter nachgewiesen, daß wir bei den meisten Pflanzen inner-

halb der Chlorophyllkörner Stärkemehlkörner in geringerer oder größerer Anzahl und von vielfach geringer Größe vorfinden. Die Art der Bildung der Stärke und die Zwischenproducte sind bis jetzt, sowie überhaupt die chemischen Beziehungen zwischen Chlorophyll und Stärkemehl noch nicht bekannt.

Ob überhaupt zur Bildung von Stärkemehl Chlorophyll stets nothwendig ist, ob dasselbe also nur in den chlorophyllführenden Zellen stattfinden kann, lassen die Beobachtungen von Reinke und D. Rude nicht ganz zweifellos erscheinen. Ersterer fand in den chlorophylllosen Keimpflanzen von *Corollorhiza innata* und Letzterer in den Zellen von *Neottia nidus avis* ohne die Gegenwart von Chlorophyll Stärkebildung. Auch J. Böhm will beobachtet haben, daß das in den Keimpflanzen auftretende Stärkemehl kein directes Assimilationsproduct ist, sondern ein Umwandlungsproduct von bereits in ihnen vorhandener Reservennahrung, wobei er jedoch die Möglichkeit einer Zunahme des Stärkemehlgehaltes durch Assimilation bei intensiv erleuchteten Keimpflanzen nicht für ausgeschlossen hält. Böhm fand nämlich in dem Cotylen der Keimpflanzen von Kresse, Rettig und Lein auch dann Stärkemehl, wenn sie im Dunkeln oder in kohlenstofffreier Atmosphäre gezogen waren. Weitere Versuche mit Keimpflanzen von *Phaseolus multiflora*, welche im Dunkeln gezogen waren, um die Pflanzen vollständig in ihrem Stärkemehl-Vorrathe zu erschöpfen, zeigten Böhm, daß sich auch Stärkemehl in den Chlorophyllkörnern bilde, wenn dieselben in kohlenstofffreier Atmosphäre dem Lichte ausgesetzt werden. Die Untersuchung des Stengels, bez. auch der Primordialblätter ergab in denselben unverbrauchte Stärke. Beide Thatsachen finden nach Böhm darin ihre Erklärung, daß unter diesen Umständen eine Aenderung der Strombahn für die Stärke eintritt. Die Stärke tritt unter dem Einflusse des Sonnenlichtes aus den Stengeln in die Chlorophyllkörner zurück, was im directen Sonnenlichte bereits in 10—15 Minuten bewirkt wird.

Böhm stellte dann weitere Versuche mit vollständig stärkefreien Primordialblättern der Feuerbohne im directen Sonnenlichte an und fand in denselben nach 10—15 Minuten Stärke, wenn sich die Blätter in einer Atmosphäre mit ca. 8% Kohlenstoff befanden, dagegen nach ca. $\frac{3}{4}$ Stunden beim Aufenthalt in bewegter freier Luft.

Diesen Beobachtungen von J. Böhm stehen die von A. Morgen entgegen, welcher bei seinen Versuchen mit stärkefreien Keimpflanzen der Kresse unter denselben Bedingungen, wie Böhm nie eine Spur von Stärke nachweisen konnte. (Zahl der Versuche: 27). Hiernach ist wohl die Ansicht Böhm's, daß durch den Einfluß des Sonnenlichtes die Stärke ihre Strombahn geändert und aus dem Stengel in die Chlorophyllkörner zurückgetreten sei, als unhaltbar aufzugeben und die von Böhm gefundene Stärke als direct gebildete zu betrachten.

Die Unentbehrlichkeit der Kohlenstoff zur Stärkebildung in den chlorophyllführenden Zellen ist ferner von Godlewsky durch Versuche mit Keimpflanzen von *Raphanus sativus* dargethan worden: er fand, daß ohne Kohlenstoff in den Chlorophyllkörnern keine Stärkebildung möglich sei. Weitere Versuche zeigten ihm, daß die Stärke im Sonnenlichte in kohlenstofffreier Luft aus den Chlorophyllkörnern verschwindet, wodurch zugleich

die Annahme, daß sich Stärke durch Spaltungsproceße aus den Proteinkörpern des Chlorophylls bilden könnte, widerlegt ist.

Welchen Einfluß der Gehalt der die Pflanzen umgebenden Luft an Kohlenäure auf die Menge der gebildeten Stärke ausübt, zeigte Godlewsky durch die Beobachtung, daß sich im directen Sonnenlichte bei Vermehrung des Kohlenäuregehaltes auf 6—8% 4mal so viel Stärke bildete, als in der Luft mit normalem Kohlenäuregehalte; ein höherer Kohlenäuregehalt verlangsamert dagegen die Stärkebildung.

Wenn die bis jetzt besprochenen Arbeiten bestimmt aussprechen, daß das erste sichtbare Product des Assimilationsprocesses Stärkemehl, aus Kohlenäure und Wasser gebildet ist und wir auch nach denselben sicher annehmen können, daß dies in den meisten Fällen so fein wird, so liegen andererseits doch noch Versuchsergebnisse vor, welche es nicht ganz unwahrscheinlich erscheinen lassen, daß bei einigen Pflanzen die Stärke nicht als erstes Assimilationsproduct angesehen werden kann. So will Briosi gefunden haben, daß in den Chlorophyllkörnern von *Strelitzia* und *Musa* das erste Assimilationsproduct nicht Stärke, sondern ein fettes Del sei. Gegen diese Beobachtungen Briosi's sprechen aber die Versuchsergebnisse von H. G. Holle und Godlewsky. Beide Forscher gingen bei ihren Versuchen von dem Gesichtspunkte aus, daß die Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffes für die Frage, ob Stärkemehl oder Fett gebildet werde, entscheidend sei.

Bei der Bildung von Stärke muß auf ein Volumen verarbeiteter Kohlenäure ca. 1 Volumen Sauerstoff austreten, während in dem Falle, wenn zuerst sauerstoffarmes Del entstehen würde, ca. die doppelte Menge Sauerstoff erhalirt werden müßte. Holle und Godlewsky fanden nun, daß stets auf 1 Volumen verbrauchter Kohlenäure ca. 1 Volumen Sauerstoff austritt. Dies legt die Annahme nahe, daß auch in den zum Versuche benutzten Pflanzen zuerst ein Kohlehydrat gebildet werde. Holle fand als solches Glycose, während es Godlewsky gelang, Stärke als directes Assimilationsproduct aufzuweisen.

Beim Weinstocke hat Briosi in den Chlorophyllkörnern nie Stärkemehl nachweisen können, ebenso zeigten die Untersuchungen, daß Del und Glycose entweder garnicht oder nur in sehr geringen Mengen vorhanden waren, während er Tannin in den Blättern in reichlicher Menge fand. Ob das Tannin hiernach das erste Assimilationsproduct beim Weinstocke ist, will indeß Briosi aus diesen Beobachtungen noch nicht schließen.

Die sämmtlichen vorliegenden Versuche, welche ich an dieser Stelle nur in aller Kürze habe besprechen können, lassen wohl keinen Zweifel aufkommen, daß bei den meisten Pflanzen sich zunächst unter dem Einflusse des Sonnenlichtes aus Kohlenäure und Wasser Stärkemehl bildet. Ferner haben die Betrachtungen zu Anfang dieses Paragraphen dargethan, daß gewisse Pflanzen-säuren directe Baustoffe für die pflanzlichen Zellen sind.

Weitere Betrachtungen müssen uns ferner dahin führen, zu erforschen, welchen Einfluß die basischen Pflanzennährstoffe bei der Bildung des Stärkemehles, resp. in Betreff der Pflanzen-säuren ausüben.

Was zunächst die Bedeutung der basischen Nährstoffe für die Pflanzensäuren anbetrifft, so steht als Thatsache fest, daß Pflanzensäuren in den Pflanzen vor Allem als pflanzensaure Salze (saure oder neutrale) vorkommen, woraus schon, wenn weiter nichts bekannt wäre, sich die Wichtigkeit der basischen Nährstoffe für die Pflanzensäuren und somit für das Pflanzenleben ergibt, da freie Säuren auf grüne Pflanzentheile sehr schädlich einwirken. Für diese Wirkung sind die basischen Körper natürlich nicht gleichwerthig, da ihre Basicität, sowie die Löslichkeitsverhältnisse der Verbindungen der Pflanzensäuren mit den Basen sehr verschieden sind.

Der obige Ausspruch, daß freie Säuren für grüne Pflanzentheile sehr nachtheilig sind, ist von Stuzer bei seinen Versuchen näher untersucht worden. Der Nachweis nämlich, daß gewisse Pflanzensäuren eine directe Kohlenstoffquelle und daß dieselben Baustoffe für die Pflanzenzellen seien, gelang Stuzer nur bei Verwendung der betreffenden, pflanzensauren Salze, nicht bei der von freien Säuren.

Die physiologischen Beziehungen des Kali's zu den Pflanzensäuren sind weiter noch von M. Mercadante bei seinen Versuchen mit *Oxalis acetosella* und *Rumex acetosa* und *acetosella* dargethan worden. Mercadante fand, daß obige Pflanzen bei Abschluß des Kali's unter Zuführung aller anderen Nährstoffe nicht zur Fructification gelangten. Der Saft enthielt nur die Hälfte der freien Säure (Oxalsäure und geringe Mengen Weinsäure), welche normal wachsende Pflanzen hatten. Beide Säuren waren an Kalz gebunden. Bemerket sei hier gleich noch, daß im Saft Stärke öfters garnicht, stets aber nur sowie Zucker in geringen Mengen nachgewiesen werden konnte.

In welcher Art die basischen Körper zur Bildung der Pflanzensäuren beitragen, wissen wir noch nicht.

Untersuchen wir jetzt weiter, ob die basischen Nährstoffe auch bei der Bildung des Stärkemehles nöthig sind, so können wir, Dank den schönen Arbeiten, welche Nobbe, im Verein mit J. Schröder und R. Erdmann über die organische Leistung des Kaliums in den Pflanzen, ausgeführt hat, eine ganz bestimmte Antwort geben.

Nobbe hat bei diesen Vegetations-Versuchen einerseits die Bedeutung des Kali's dadurch studirt, daß er in den Nährstofflösungen dasselbe fehlen ließ, während alle übrigen Nährstoffe in normaler Menge und Form auswesend waren und andererseits indem er die Entwicklung der Pflanzen bei Gegenwart des Kali's in den Nährstofflösungen feststellte.

Aus seinen zahlreichen Versuchen, bei welchen als Versuchspflanzen japanischer Buchweizen und Sommerroggen dienten, gelangte Nobbe zu dem Schlusse: „die Chlorophyllkörner der Blätter erzeugen nur unter Mitwirkung des Kali's autochthone Stärke, und es ist dabei gleichgültig, welches der obigen Kalisalze ihnen geboten ist.“

Er fand z. B., daß das Wachstum der Pflanzen gehemmt ist, sobald das Kali fehlt, und daß dies auf einer Unfähigkeit der Chlorophyllorgane, ohne Mitwirkung des Kali's Stärke zu bilden, beruht. Wird einer Pflanze, welche unter Kalimangel in einen Hungerzustand vollkommener Inactivität, wobei auch die anderen mineralischen Nährstoffe vollständig unwirksam bleiben, versetzt, zur rechten Zeit Kali geboten, so beginnt sich die Pflanze sogleich vegetativ zu regen und es bildet sich in den Chlorophyllorganen alsbald neue Stärke.

Wenn diese Versuche über die Unentbehrlichkeit des Kali's zur Bildung der Stärke in dem Pflanzenleben keinen Zweifel lassen, so sprechen dieselben diese Bedeutung nur für einen der basischen Nährstoffe aus und thuen gleichzeitig dar, daß Kalkerde, Magnesia u. s. w. nicht die Rolle des Kali's für die Stärkebildung übernehmen.

Für die Kalkerde ist dieser Satz Robbe's von Böhm bestätigt worden, welcher fand, daß dieser Nährstoff bei der Stärkebildung weder direct, noch indirect theilhaftig ist.

Wenn auch der Kalkerde jede Beziehung für die Stärkebildung nach den vorliegenden Versuchen abgesprochen werden muß, so kann damit nicht gesagt sein, daß dieser Basis überhaupt jede Bedeutung für das Pflanzenwachstum fehle, dieselbe würde ja auch in dem Falle nicht, wie früher geschehen, als nothwendiger Pflanzennährstoff hingestellt worden sein. Von Böhm ist nun nachgewiesen worden, daß die Kalkerde bei der Umbildung der organischen Baustoffe in die Formbestandtheile der Pflanze (Zellstoff) eine sehr wichtige Rolle spielt, indem nach seinem Versuchsergebniß bei Kaliummangel die weitere Zuleitung der organischen Baustoffe nach den Verbrauchsorten unterbleibt.

Eine Bestätigung des Böhm'schen Resultates finden wir in einer Arbeit von Heinrich, welcher bei seinen Versuchen über die verschiedenen Entwicklungsstadien der Weizenkörner ein constantes Verhältniß zwischen Kalk und Zellstoff zu constatiren im Stande war. (1 : 41—43).

Zum Schlusse will ich hier wenigstens nicht unerwähnt lassen, daß es nach S. Pierre glaubwürdig ist, daß die Phosphorsäure einen besonderen Einfluß auf die Entwicklung der Stärke hat.

§ 137.

b. Vertretbarkeit der Basen untereinander.

Ob in den Pflanzen einzelne Basen durch andere vertreten werden können, oder nicht, z. B. Kali durch Natron, Kalkerde durch Magnesia u. s. w., ist theils behauptet, theils bestritten worden.

Nach v. Liebig ist eine Vertretung der einzelnen Basen möglich, er sagt: „Es wird kaum nöthig sein, daran zu erinnern,

daß sich die alkalischen Basen in ihrer Wirkungsweise vertreten können. Dieser Schluß bezieht sich, wie sich von selbst versteht, nur auf diejenigen alkalischen Basen, welche als pflanzen-saure Salze Bestandtheile der Pflanzen sind. Wenn der Schluß wahr ist, so muß die fehlende Basis ersetzt und vertreten sein durch eine andere von gleichem Wirkungswerthe, sie muß ersetzt sich vorfinden durch ein Aequivalent von einer der andern Basen.“

v. Liebig beweist dies durch Analysen von Berthier über die Zusammensetzung von zwei verschiedenen Fichten- und Tannenaschen, welche im Gehalt an Kali, Natron, Kalk und Bittererde sehr verschieden — , bei denen aber die Sauerstoffmengen der Basen gleich oder wenigstens nahezu gleich sind. Ferner durch das Vorkommen von organischen Basen in Form von pflanzen-sauren Salzen u. s. w.

Werfen wir einen Blick auf die Tabelle pag. 403 u. f., so müssen wir entschieden zu der Ansicht gelangen, daß eine Vertretung der Basen bis zu einer gewissen Grenze möglich ist. Da auf der Tabelle, Material für Vergleichung der Zusammensetzung der auf verschiedenem Boden gewachsenen Pflanzen genügend vorliegt, so werde ich hier nur noch wenige Beispiele anführen.

Mitthausen fand in der Asche von zwei Rüben, von denen die eine nach einer Düngung mit Natronsalpeter, die andere nach Stallmist gewachsen war, in der Asche der ersteren 41,3 % Kali und 27,7 % Natron, in der andern 52,2 Kali.

Die Analysen von Raps-Samen und Stroh, welche auf Veranlassung des preuß. Landes-Deconomie-Collegiums mit auf verschiedenem Boden und in verschiedenen Gegenden gewachsenen Pflanzen von verschiedenen Chemikern ausgeführt wurden, zeigen z. B. bei dem Samen und dem Stroh eine Schwankung der Asche im Gehalt an den Basen, wie folgt:

	Samen.			Stroh.		
	Hagen.	Sonnen-schein.	Weber.	Hagen.	Sonnen-schein.	Weber.
Kali	1,58	13,65	29,49	16,34	35,79	33,04
Natron	—	—	1,77	8,69	Spuren	2,84
Kalkerde	26,46	27,82	11,37	43,62	30,61	31,00
Magnesia	21,46	8,22	13,05	8,97	5,13	9,27

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um den obigen Ausspruch, daß sich die Basen bis zu einer gewissen Grenze, aber auch nur bis zu einer gewissen Grenze vertreten können, zu begründen.

Was die weitere Ansicht v. Liebig's, daß eine Vertretung der an Pflanzen Säuren gebundenen Basen nach ihren Aequivalenten stattfindet, daß also die Sauerstoffmenge derselben bei gleichen Pflanzen dieselbe sei, so wird dieselbe zwar durch manche Analysen, welche uns vorliegen, aber nicht durch alle bestätigt. Es ist bei den einzelnen Fällen oft auch sehr schwer zu bestimmen, welche Basen und wie viel von denselben als pflanzen saure Salze vorkommen.

Die früher besprochenen Versuche von Salm-Horstmar und Anderen, welche die Nothwendigkeit der einzelnen Basen für das Pflanzenwachsthum darthun und zeigen, daß beim Fehlen einer derselben die Pflanze ihre vollständige Entwicklung nicht erreichen kann, sowie die von Wille, bei denen entschieden werden sollte, ob Kali durch Natron vertretbar sei, und bei denen sich das Resultat ergab, daß ohne Kali die Entwicklung der Pflanzen (Weizen) in Vergleich zu denen, welche Kali als Düngung erhalten hatten, eine kümmerliche war, sowie die im vorigen Paragraphen besprochenen Robbes'schen Versuche thun auf das Bestimmteste dar, daß eine vollständige Vertretung der einen Basis durch die andere nicht möglich ist.

§ 138.

c. Die Verbindungen, in denen die Basen in den Pflanzen vorkommen.

α. Kali.

Das Kali finden wir in den Pflanzen als pflanzen saures Salz, welches in den Aschen sich als kohlen saures zeigt, ferner als phosphor saures, schwefel saures Kali und Chlorkalium.

β. Natron.

Das Natron ist in den Pflanzen vorherrschend als Chlornatrium, dann aber auch noch als pflanzen saures Salz vorhanden; ob es auch in Verbindung mit den andern Mineral säuren vorkommen kann, ist mit Sicherheit noch nicht festzustellen.

γ. Kalkerde.

Diese Basis finden wir in den Pflanzen als pflanzen saures, phosphor saures und schwefel saures Salz.

d. Magnesia.

Die Magnesia ist wahrscheinlich in den Pflanzen vorherrschend nur als phosphorsaures Salz vorhanden.

e. Eisenoxyd.

Nach Weiß und Weisner's mikrochemischen Untersuchungen ist das Eisen nur in zwei Formen in den Pflanzen nachweisbar, nämlich: als in Wasser unlösliche Oxyd- oder Oxydul-Verbindung; in dieser Form ist es sowohl in der Membran- als in der Zellensubstanz erkennbar.

Diese Beobachtungen werden durch die Analysen bestätigt, bei welchen wässrige Auszüge aus Pflanzen gemacht sind z. B. bei denen von *Mitt-hausen* und bei welchen in diesen Eisen nicht gefunden worden ist.

§ 139.

2. Die Säuren.

α. Phosphorsäure.

Wie die Analysen der verschiedenen Pflanzen und ihrer Theile, welche wir mehrfach kennen gelernt haben, darthun, ist die Menge der Phosphorsäure in den einzelnen Theilen der Pflanze eine sehr verschiedene: in größerer Menge finden wir sie stets in den Organen, welche wir als den Ausgangspunkt intensiver Ernährungs- oder Wachstumsverhältnisse anzusehen haben. So finden wir sie in größter Menge in den Samen, den Wurzeln, Knollen und jungen noch in voller Entwicklung stehenden Pflanzentheilen.

Die größte Menge von Phosphorsäure ist hier überall auch von einer größeren Menge von Eiweißkörpern begleitet, so daß wir sagen können, wir finden in den Theilen der Pflanzen die größte Menge von Phosphorsäure, welche die größte Menge von Eiweißkörpern enthalten und umgekehrt. Aus diesem Grunde hat man untersucht, ob zwischen dem Stickstoff- und Phosphorsäuregehalte eines Pflanzentheils ein inniger Zusammenhang besteht.

Derartige Versuche sind von verschiedenen Seiten angestellt worden; so hat W. Mayer eine bedeutende Anzahl von Stickstoff- und Phosphorsäure-Bestimmungen bei einer Anzahl von Pflanzen gemacht, aus denen er schließt, daß zwischen den Eiweißkörpern und Phosphor bestimmte Verhältnisse bestehen, welche für die einzelnen Eiweißkörper verschiedene sind.

Mayer fand, daß auf ein Theil Phosphorsäure :

beim Roggen	2,0—2,4	Mittel	2,2	Theile Stickstoff	kommen
" Weizen	1,8—2,2	"	2,0	"	"
" Gerste	1,8—2,1	"	1,9	"	"
" Hafer	1,8—2,2	"	2,0	"	"
" Emmer	2,0—2,1	"	2,05	"	"
" Spelz	2,1—2,3	"	2,2	"	"
" Erbsen	3,3—4,1	"	3,7	"	"
" Bohnen	3,1—3,7	"	3,4	"	"

Urendt schließt aus seinen Untersuchungen über das Wachstum von Hafer in den verschiedenen Entwicklungs-Perioden, welche wir pag. 446 u. f. besprochen haben, „daß die Aufnahme der Phosphorsäure mit der Stickstoff-Assimilation in soweit in keinem Zusammenhange steht, als jene ohne diese erfolgen kann, doch stellt sich schließlich zwischen beiden ein constantes Verhältniß heraus.“

Urendt erhielt bei den einzelnen Perioden :

	I.	II.	III. und IV.	V.
Stickstoff	15,1	10,0	24,9	5,4
Phosphorsäure . .	3,3	2,7	6,9	1,3
Verhältniß beider	1 : 4,6	1 : 3,7	1 : 3,6	1 : 4,0

Ich führe ferner noch die Resultate der Versuche von Siegert an, welche mit Winterweizen, Winterroggen und Sommerweizen operirte und aus denen er folgerte: „Phosphorsäure und Stickstoff stehen in keinem constanten Verhältnisse zu einander, die procentischen Mengen beider lassen sich variiren; Stickstoffdüngung vermehrt den Procentgehalt an Stickstoff und vermindert den an Phosphorsäure.“

Während hiernach W. Mayer aus seinen Versuchen den Schluß zieht, daß zwischen dem Stickstoff und der Phosphorsäure ein bestimmtes, innerhalb geringer Grenzen schwankendes Verhältniß besteht, widersprechen demselben die von Siegert gewonnenen Resultate.

Für diese Frage liegt noch viel Zahlen-Material vor. Ich führe hier noch folgende Versuchsergebnisse kurz an.

Mitthausen und Pott gelangten bei ihren Versuchen über den Einfluß stickstoff- und phosphorsäurereicher Düngung auf die Entwicklung des Sommerweizens zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Durch Ammoniak- und Salpetersäure-Düngung werden stickstoff- und kleberhaltigere Samen erzeugt.

2. Bei Stickstoff- und Phosphorsäure-Düngung beträgt die Zunahme des Stickstoffs noch mehr als bei reiner Stickstoff-Düngung.

3. Die Phosphorsäure-Düngung allein vermehrt die Proteinstoffe, ohne den Körnerertrag wesentlich zu steigern.

4. Das Verhältniß von Phosphorsäure und Stickstoff ist in dem stickstoffreichen Weizen nicht = 1 : 2, sondern 1 : 2,8—1 : 3,4.

Die gefundenen Zahlen sind :

	Phosphorsäure.	Stickstoff.
Stickstoff=Düngung	1 =	3,3
	1 =	2,8
	1 =	3,4
Stickstoff- und Phosphorsäure=Düngung	1 =	3,1
	1 =	3,3
	1 =	3,2

dagegen bei :

Phosphorsäure=Düngung	1 =	2,24
ungedüngt	1 =	2,19

Bei derselben Versuchsaufgabe, bei welcher die Versuchspflanzen Weizen und Gerste waren, gelangten H. Kreuzler und G. Kern zur Bestätigung der ersten Folgerung Kitzhausen's, welche zugleich mit den früheren Resultaten von Hermsstädt und Boussingault in Uebereinstimmung ist, dagegen fanden sie, daß einseitige Düngung mit Phosphorsäure nicht nur keine Steigerung, sondern eine Depression des Stickstoffgehaltes zur Folge hatte.

Das Verhältniß zwischen Phosphorsäure und Stickstoff war, wie folgt, gefunden:

	Weizen.		Gerste.	
	Phosphorsäure.	Stickstoff.	Phosphorsäure.	Stickstoff.
Ohne Düngung	1	2,6	1	1,9
Auf 30 □ Mtr. 1 Ko. schwefelsaures Ammoniak	1	2,8	1	2,1
Auf 30 □ Mtr. 5 Ko. schwefelsaures Ammoniak	1	3,0	1	2,8
Auf 30 □ Mtr. 2 Ko. Superphosphat	1	2,4	1	1,8
Auf 30 □ Mtr. 1 Ko. schwefelsaures Ammoniak und 2 Ko. Superphosphat	1	2,9	1	2,0
Auf 30 □ Mtr. 5 Ko. schwefelsaures Ammoniak und 2 Ko. Superphosphat	1	3,1	1	2,6
Auf 30 □ Mtr. 5 Ko. schwefelsaures Ammoniak und 8 Ko. Superphosphat	1	3,1	1	2,5

Von den Pommirker Versuchen auf schwerem rohen Boden, über welche bereits die näheren Angaben pag. 142 gemacht sind und denen hier nur noch hinzugefügt zu werden braucht, daß die betreffende Düngung auf derselben Parcellen jährlich, mit Ausnahme zweier Jahre, wo die Düngung überhaupt unterblieb, gegeben wurde, führe ich hier die folgenden Zahlen an, welche von mir im Verein mit Voigt und Wehke erhalten und von mir auf der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Diese Versuche bestätigen in Betreff der Cerealien den Ritthausen'schen Satz, daß durch Ammoniak-Düngung stickstoffreichere Samen erzeugt werden. Aus denselben geht ferner hervor, daß das Verhältniß zwischen Phosphorsäure und Stickstoff schon bei den Cerealien nicht innerhalb so enger Grenzen liegt, als W. Mayer angiebt, daß diese Verhältniß-Zahlen aber bei den Leguminosen noch weit mehr aneinander gehen. Nach Mayer bei Erbsen $1 : 3,3-4,1$ und hier $1 : 3,55-6,07$.

Um weiter den Einfluß der Düngung auf die Entwicklung der Pflanzen zu zeigen, führe ich noch folgende Resultate von König an.

König fand bei Heu von einer Kieselwiese bei Düngung mit 16—18 Pfd. löslicher Phosphorsäure pro Morgen das Verhältniß zwischen Phosphorsäure zu Stickstoff = $1 : 2,14$, während es bei nicht gedüngtem Heu = $1 : 6,03$ war. Wenn die Zahlen sich auch nicht auf dieselben Pflanzen beziehen, da ja durch die Düngung die Vegetation auf einer Wiese sich ändert, so sind sie doch hier nicht ohne Interesse.

Ich habe eine Reihe von Zahlen aufgeführt, welche noch wesentlich hätte vermehrt werden können; ich habe aber die Vermehrung unterlassen, da dadurch eine größere Klärung der vorliegenden Frage nicht erreicht worden wäre. Aus den vorliegenden Zahlen geht aber für die Hauptfrage mit Bestimmtheit hervor, daß der Mayer'sche Schluß, daß bestimmte innerhalb ziemlich enger Grenzen schwankende Verhältnisse zwischen Phosphorsäure und Stickstoff bestehen, durch die späteren Arbeiten nicht bestätigt worden ist, daß vielmehr gewisse Düngungen einen wesentlichen Einfluß auf den Gehalt der Pflanzen, sowie deren einzelne Theile an Protein und Phosphorsäure auszuüben vermögen.

Was die Verbindung anbetrifft, in welcher die Phosphorsäure in den Pflanzen vorkommt, so ist sie nach Mayer in den Samen der Cerealien als 2basisches und in den der Leguminosen als 3basisches Salz enthalten.

β. Die Schwefelsäure.

Der Schwefel kommt in den Pflanzen in organischer Verbindung vor (er dient vor allem zur Bildung der so wichtigen Proteinkörper (pag. 7 und folg.), sowie als schwefelsaures Salz. Bei der Einäscherung geht ein Theil des Schwefels verloren, so daß die meisten vorliegenden Aschen-Analysen keinen sicheren Maaßstab für den Gehalt der Pflanzen an diesem Körper darbieten.

γ. Kieselsäure.

Wie uns die auf pag. 403 u. f. Tabellen zeigen, schwankt der Gehalt der einzelnen Pflanzen und ihrer Theile an Kieselsäure ganz außerordentlich; die Asche enthält von Spuren bis zu 70 und mehr Procente von derselben. Hieraus folgt, daß

die Kieselsäure nicht für alle Pflanzen dieselbe Bedeutung haben kann, sondern daß wir sie nur für die Pflanzen als einen unentbehrlichen Bestandtheil betrachten können, in denen sie stets in größerer Menge gefunden wird. Es sind dies vor allem die Gramineen, in deren Stroh sie den Hauptbestandtheil ausmacht. Ich verweise hier ferner auf pag. 268.

Was die Bedeutung der Kieselsäure für die Pflanzen und speciell für die Gramineen anbetrifft, so drückt diese *Ritthausen* in folgenden Worten aus: „Die Kieselerde setzt sich an die Zellwand als gallertartige oder flockige Substanz ab und muß, in je größerer Menge sie sich absetzt, zufolge ihrer eigenthümlichen Beschaffenheit die Diffusion der Säfte mehr und mehr erschweren, schließlich wohl gänzlich hindern und darnach das Absterben der Blätter herbeiführen. Die allmähliche Er tödtung der älteren Blätter aber befördert die Entwicklung der neugebildeten Pflanzentheile, wenn es zur rechten Zeit stattfindet, da die Säfte sich nach diesen allein zu den jüngern Theilen hin bewegen; sterben indeß die Blätter zu frühzeitig ab, so wird die Ausbildung der Pflanze der Art gestört, daß sie klein und kümmerlich erscheint, die Bildung der Aehre, die Blüthe, die Entwicklung der Frucht beschleunigt, der Vegetationsproceß sonach beträchtlich abgekürzt wird. Zu reichliche Ablagerung von Kieselerde in den ersten Vegetationsstadien kann ein zu frühes Absterben der Blätter zur Folge haben, die, ihren Funktionen zu früh entzogen, für die Fortentwicklung der Pflanze ohne Bedeutung sind; sehr wahrscheinlich hat die Kieselerde in Substanz keinen oder nur geringen Antheil an der Entstehung und Bildung pflanzlicher, organischer Stoffe.

Dieser Erklärung schließe ich mich vollständig an.

Die Kieselsäure ist in den Pflanzen in der Weise abgelagert, daß sie sich eng an die organischen Struktur-Verhältnisse der obersten Epidermisschicht, der Cuticula nebst den Haaren, Zähnen und andern Cuticulargebilden anschließt. (*Schulze*).

Die Form der Ablagerung können wir bei vorsichtiger Einäscherung sehr schön erkennen; es muß hierbei natürlich eine Verbindung der Kieselsäure mit den vorhandenen Basen verhindert werden.

δ. Das Chlor.

Das Chlor kommt in den Pflanzen vor allem als Chlornatrium vor, jedoch häufig auch als Chlorcalcium. In Betreff der Bedeutung und Nothwendigkeit desselben, verweise ich auf pag. 267 und 268.

Zweiter Abschnitt.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen und ihr Vorkommen in der Natur.

Kapitel I.

Die Aschenbestandtheile der Pflanzen und die Mineralien, in welchen sie vorkommen.

I. Das Kali.

Das Kali ist ein von denjenigen Aschenbestandtheilen der Pflanzen, welches auch in der anorganischen Natur allgemein verbreitet ist; wir finden dasselbe in einer großen Anzahl von Mineralien, welche Bestandtheile der häufiger vorkommenden Gesteine unserer Erde sind.

Die Mineralien, in denen das Kali ein Bestandtheil ist, sind:

1. Kieselsaure Verbindungen.
 - A. Wasserfreie Silikate.
 - B. Wasserhaltige Silikate.
2. Kieselsäurefreie Verbindungen.

1. Kieselsaure Verbindungen.

§ 140.

A. Wasserfreie Silikate.

Es sind dies Verbindungen von kieselaurer Thonerde mit kieselhaften Alkalien, alkalischen Erden und schweren Metalloxyden.

Die wichtigsten hier zu nennenden sind:

a) Orthoklas. oder Kali-Feldspath; letzterer Name rührt davon her, daß die früheren Analysen von den Alkalien nur Kali in demselben nachwiesen; wir finden jedoch keinen Feldspath der als alkalische Basis allein Kali enthält, sondern neben dem Kali kommen immer größere oder geringere Mengen von

Natron resp. Kalkerde vor; erwähnt muß hierbei allerdings noch werden, daß ein Theil des Natrongehalts öfters auf Rechnung des Albits (einer andern Art Feldspath) zu setzen ist, da mitunter regelmäßige Verwachsungen von Orthoklas und Albit vorkommen. Der Orthoklas besteht aus kiesel-saurer Thonerde und kiesel-saurem Kali, wobei ein Theil des Kalis durch Natron, Kalkerde und Magnesia (Eisenoxydul) und ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd vertreten sein kann.

Der Orthoklas ist vielfach untersucht worden; die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung einiger der vorhandenen Analysen, um dadurch ein Bild von der Zusammensetzung dieses so wichtigen Minerals zu geben.

	Kiesel-säure	Thonerde	Eisenoxyd	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisen- oxydul	Mangan- oxydul	Wasser	Name der Analytiker.
I.	64,48	19,12	0,56	12,12	3,24	0,45	—	—	—	0,16	G. Sauglion.
II.	65,45	18,26	0,57	15,21	0,65	—	—	—	—	—	Mitiney.
III.	64,26	19,27	0,50	10,58	2,88	0,70	0,77	—	—	0,40	Subert.
IV.	61,57	18,98	Spur	12,69	1,59	0,58	0,30	—	—	—	Derfelbe.
V.	63,66	17,27	—	10,66	5,14	0,39	2,28	0,45	0,15	—	Fernbt.
VI.	66,48	19,06	Spur	10,52	2,30	0,63	Spur	—	—	—	Deffe.
VII.	63,92	20,05	—	10,41	3,10	0,75	0,60	—	0,30	0,41	Derfelbe.
VIII.	65,75	17,72	—	12,05	3,66	0,82	—	—	—	—	Moll.
IX.	66,26	16,98	0,31	14,42	0,20	0,43	0,11	—	—	1,29	Mammelberg.
X.	66,40	18,50	0,20	10,28	0,50	1,90	1,60	—	—	—	Dibay.
XI.	65,30	20,90	Spur	14,35	0,79	0,05	Spur	—	—	0,20	St. Genth.
XII.	64,91	19,16	Spur	11,07	2,49	0,78	—	—	—	0,30	Deffe.
XIII.	64,66	19,58	Spur	15,18	—	0,70	—	—	—	0,58	Derfelbe.
XIV.	64,00	20,55	—	13,49	—	0,68	—	—	—	1,28	Derfelbe.
XV.	66,08	18,70	—	9,11	3,77	0,93	0,45	—	—	—	Derfelbe.
XVI.	69,16	19,16	—	14,97	—	0,56	0,55	—	—	0,60	Derfelbe.

I. ein hell-fleischfarbener oder milchigweißer Feldspath aus dem Granit der Umgegend von Canton in China,

II. ein in kleinen Prismen zusammen mit verschiedenen Zeolithen in den Kupfergruben am Oberen-See in Nordamerika vorkommender fleischrother Feldspath,

III. ein fahlgelber Orthoklas aus dem Syenit des Ballon de Servance, derb,

IV. ein weißer Feldspath, eingewachsen in der sogenannten Urkose der Vogesen,

V. ein lauchgrüner, derber, selten krystallinischer Feldspath von Bodenmais, welcher mit Magnetkies, Quarz u. s. w. vorkommt,

VI. ein graulichweißer, krystallinischer Orthoklas aus dem Chamouny-Thale,

VII. ein fleischfarbiger Orthoklas aus dem Pegmatit in den Vogesen,

VIII. ein bläulichweißer Orthoklas aus der Freiburger Mulde,

IX. ein etwas verwitterter Orthoklas aus Auerberg (Harz),

X. ein Orthoklas aus rothem, Quarz führendem, Porphyr von Estérel, Département du Var,

XI. ein weißer krystallinischer Orthoklas aus Nord-Carolina,

XII. XIII. und XIV. Orthoklase aus dem Granite des Ballon d'Alsaze,

XV. und XVI. schließlich Orthoklase aus dem Granite von Vosges.

Diese Analysen thuen dar, daß der Kaligehalt des Orthoklas zwischen 9,11 und 15,21 % variirt. Die Zusammensetzung desselben wird demnach durch die Formel: $R^2 O^3 \text{ }_3\text{SiO}^3 + RO \text{SiO}^3$ *) ausgedrückt. Die Farbe des Orthoklas ist eine verschiedene, wie schon die obige Beschreibung darthut, er kommt weiß, röthlichweiß bis fleisch- und ziegelroth, gelblichweiß bis gelb, grünlichweiß bis spangrün und graulichweiß bis schwärzlichgrau vor.

Der Orthoklas gehört dem monoklinischen (zwei- und eingliedrigen) Krystallsysteme an, findet sich auch häufig in Zwillingsskrystallen und wird sowohl in deutlich ausgebildeten Krystallen als auch derb, jedoch dann krystallinisch angetroffen, ist leicht spaltbar, hat einen muschligen bis unebenen und splittigen Bruch, ein spec. Gewicht von 2,53—2,58 und eine Härte von nahe zu 6 bis etwas über 6.

Der Orthoklas ist in Wasser, wässrigen Säuren und Alkalien unlöslich, wird jedoch bei längerer Einwirkung, vor allem unter Anwendung erhöhter Temperatur sowohl von Säuren als auch schon von Wasser angegriffen.

*) In dieser und den später anzuführenden Formeln bedeutet RO diejenigen Basen, bei welchem 1 Aeq. Radikal mit einem Aeq. Sauerstoff verbunden ist, somit die Basen: Kali (KO), Natron (NaO), Kalkerde (CaO), Magnesia (MgO), Eisenoxydul (FeO), und Manganoxydul MnO und $R_2 O_3$ diejenigen bei dem auf 2 Aeq. Radikal 3 Aeq. Sauerstoff kommen, also Thonerde ($Al_2 O_3$), Eisenoxyd ($Fe_2 O_3$) und Manganoxyd ($Mn_2 O_3$).

Man unterscheidet beim Orthoklas noch den Adular (und Eisspath), den gemeinen Feldspath (Pegmatolith) und den feinkörnigen oder dichten Feldspath (Feldstein).

Der Orthoklas ist einer der Hauptbestandtheile der verbreitetsten Gesteine der Erde; er bildet mit dem Quarz, dem Kali- oder dem Magnesia-Glimmer und geringen Mengen Oligoklas den Granit, mit größeren Mengen Oligoklas, mit Quarz und Magnesia-Glimmer den Granitit, mit Oligoklas, Hornblende, Magnesia-Glimmer und Quarz den Syenitgranit, mit Hornblende allein den Syenit; mit Oligoklas, Quarz und Magnesia-Glimmer eine Art von Porphyr u. s. w.

b) Glasiger Feldspath, Sanidin; derselbe gehört ebenfalls dem monoklinischen Systeme an, Härte 6 und spec. Gewicht 2,56—2,60; Farbe graulich bis gelblichweiß und grau; starker Glasglanz, durchsichtig und durchscheinend.

Die folgenden Analysen zeigen seine Zusammensetzung, wozu ich noch bemerke, daß

I. in rein durchsichtigen Krystallen aus dem Trachyt-Conglomerat vom Langenberg (Siebengebirge) stammt,

II. eben daher,

III. aus dem Trachyt-Conglomerat am Lutterbach,

IV. aus dem Trachyt-Conglomerat von Scharfenberg,

V. als weiße durchsichtige Krystalle eingewachsen in einem eigenthümlichen Gesteine an der kleinen Rosenau (Siebengebirge),

VI. große reine Stücke aus dem vulkanischen Sande von Rockeskyll in der Eifel,

VII. Krystalle aus dem Lavaström von St. Vico auf der Insel Ischia und

VIII. Loacher Sanidin.

	Kiesel- säure	Thon- erde	Eisen- oxyd	Kali	Natron	Kalk- erde	Mag- nesia	Name der Analytiker.
I.	68,18	18,33	0,71	7,15	4,66	0,51	0,46	Bischof.
II.	66,33	19,02	0,52	6,02	7,32	0,76	—	Schnabel.
III.	65,62	17,16	1,67	12,67	0,44	2,44	Spur	Lafsch.
IV.	67,42	15,88	2,83	10,52	0,43	2,77	0,15	Derselbe.
V.	68,25	19,35	1,43	4,67	5,66	—	0,64	Bischof.
VI.	65,84	17,61	0,74	14,39	1,18	0,18	0,06	Bothe.
VII.	67,25	18,92	1,25	7,60	4,60	0,35	0,03	Bischof.
VIII.	64,59	18,78	—	11,70	4,29	0,50	—	G. v. Rath.*)

c. Die Glimmerarten.

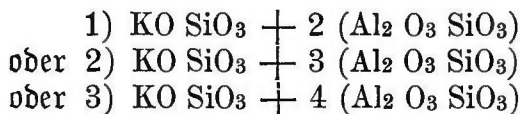
Die Glimmerarten sind in ihrer Zusammensetzung außerordentlich schwankend. Rammelberg hat dieselben nach ihren

*) 0,41 Baryterde und 0,11 Glühverlust.

vorwaltenden Bestandtheilen in Kaliglimmer, Magnesiaglimmer und Lithionglimmer eingetheilt.

α. Kaliglimmer.

Die unter dem Namen Kaliglimmer zusammengefaßten Glimmer sind ebenfalls in ihrer Zusammensetzung noch sehr verschieden. *Kammelsberg* hat versucht dieselben unter drei Formeln zu bringen, nämlich:



Obgleich *Kammelsberg* hier, schon um die Zusammensetzung des Kaliglimmers auszudrücken, 3 Formeln aufgestellt hat, so genügen auch diese nach *Bischof* nicht, um in denselben alle hierher gehörigen Glimmer unterzubringen, da die Bestandtheile zu schwankend sind; *Kammelsberg* hat hierbei zugleich noch angenommen, daß das Eisen als Oxid vorhanden sei.

Der Kaliglimmer wird von den Bestandtheilen, welche beim Orthoklas angegeben wurden, gebildet. Wie bei diesem eine Vertretung der Basen durch andere statt hat, so ist dies auch, jedoch in höherem Grade, beim Kaliglimmer der Fall; bei demselben ist nämlich ein Theil Thonerde stets durch Eisenoxyd, Manganoxyd und auch Chromoxyd, ein Theil Kali, durch Eisenoxydul, Kalkerde, Natron und Manganoxydul vertreten, ferner finden wir in demselben geringe Menge Fluor und etwas Wasser.

Die folgenden Analysen pag. 488 mögen die Verschiedenheit in der Zusammensetzung des Kaliglimmers zeigen; zu denselben bemerke ich noch, daß

- I. von *Isidoracz* (Ungarn) stammt, spec. Gewicht 2,817,
- II. silberweiß, von unbekanntem Fundorte, spec. Gewicht 2,831,
- III. silberglänzend bis graulichweiß, aus dem Pegmatit von *Ceux* bei *St. Etienne* (Wogesen), spec. Gewicht 2,804—2,817,
- IV. dunkelgrün, chloritähnlich aus einem vom Eismeer stammenden Protogynblock, spec. Gewicht 3,127,
- V. schwarz; derselbe bildet mit grauem Quarz und einem Feldspath den Granit aus der Umgegend von *Canton* in *China*,
- VI. schwarz, im Granit aus *Donegal-County*, *Irland*,
- VII. schwarz, von dem zum *Passe* vom *Bathyghien* führenden *Poison-Glen*.

Die Farbe des Glimmers ist eine verschiedene: er kommt weiß, gelblich, graulich, grünlich, röthlichweiß, gelbgrau, grün, braun und schwarz vor. Der Glimmer gehört wahrscheinlich zum schief-rhombischen (zwei- und eingliedrigen) oder vielleicht zum drei- und einaxigen, hexagonalen Krystallsystem; vollkommene Krystalle sind nicht bekannt; er ist nach einer Richtung außer-

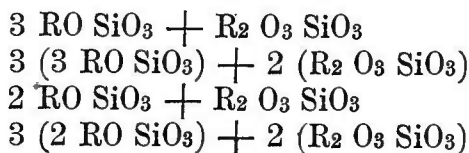
	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kali	Eisenoxydul	Mangan- oxydul	Natron	Kalkerde	Magnesia	Fluor	Wasser	Name der Analytiker.
I.	48,07	38,41	Spur	10,10	—	Spur	—	—	—	—	3,42	Rammels- berg.
II.	47,84	32,36	3,06	10,25	—	—	1,55	—	1,28	—	2,43	Derselbe.
III.	46,23	33,03	3,48	8,87	—	Spur	1,45	—	2,10	—	4,12	Derselbe.
IV.	41,22	13,92	21,31	6,05	5,03	1,09	1,40	—	4,70	1,65	0,90	Derselbe.
V.	35,50	20,80	19,70	9,00	7,74	1,70	0,10	0,56	4,46	—	0,25	Haughton.
VI.	35,55	17,08	23,70	9,45	3,55	1,95	0,35	0,61	3,07	—	4,30	Derselbe.
VII.	36,20	15,95	27,19	8,65	0,64	1,50	0,16	0,50	5,00	—	3,90	Derselbe.

ordentlich spaltbar, hat auf den Spaltflächen einen ausgezeichneten, metallähnlichen Perlmutter- oder Glasglanz; die Blättchen sind elastisch und mehr oder weniger durchsichtig; spec. Gewicht 2,8—3,1, Härte 2—3. Der Glimmer ist in Wasser, wässrigen Säuren und Alkalien unlöslich und verwittert bei weitem langsamer als der Orthoklas, weshalb wir ihn als gewöhnlichen Begleiter des Sandes und Thones in den Ackererden antreffen.

Der Glimmer ist ein wesentlicher Bestandtheil der gewöhnlichen Urgebirgsgesteine, z. B. des Granits, Gneises, Glimmerschiefers u. s. w.

β. Magnesiaglimmer.

Die Zusammensetzung des Magnesiaglimmers ist ebenfalls eine sehr schwankende. Rammelsberg legt den einzelnen hierher gehörigen Glimmern 4 Formeln zu Grunde und zwar:



In Betreff dieser Formel gilt dasselbe was beim Kaliglimmer bemerkt worden ist.

Die Thonerde ist hier zum Theil durch Eisenoxyd und Manganoxyd, die Magnesia durch Kali, Eisenoxydul, Manganoxydul, Natron und Kalkerde vertreten; ferner finden wir häufig etwas Fluor, (auch Chlor) und Wasser.

Die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung mögen die folgenden Analysen darthun:

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Magnesia	Kali	Natron	Eisenoxydul	Mangan- oxydul	Kalkerde	Fluor	Wasser	Name der Analytiker.
I.	37,54	19,80	—	30,32	7,17	1,00	1,61	0,10	0,70	0,22	1,51	Delesse.
II.	42,89	6,09	10,59	24,33	13,15	0,36	—	—	0,76	—	2,30	Bromeis.
III.	44,63	16,48	11,32	19,06	9,75		—	—	—	—	—	Derselbe.
IV.	43,02	16,85	11,63	18,40	8,60	1,15	—	—	0,71	—	—	Derselbe.
V.	40,14	17,35	—	28,09	10,56	0,63	—	—	—	—	4,20	Craw.
VI.	40,35	16,45	—	29,55	7,22	4,93	—	—	—	0,95	—	Derselbe.
VII.	40,36	16,08	—	30,24	6,06	4,39	—	—	—	2,65	—	Derselbe.

I. ein optisch zweiaxiger, grünlicher Glimmer, der bei der Verwitterung zuerst goldgelb, dann kupferroth wird, und fettglänzend mit einem spec. Gewicht von 2,796 ist, aus körnigem Kalk bei St. Marie aux mines in den Bogesen,

II. lichttombackbrauner Glimmer aus den vulkanischen Schlacken unweit des Saacher Sees,

III. und IV Glimmer aus einem Basaltblock eben daselbst,

V. ein tiefgelbbrauner aus St. Lawrence-County, New-Jersey,

VI. ein wasserheller, silberglänzender Glimmer ebendasselbst und

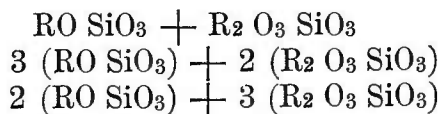
VII. ein durch Wasseraufnahme undurchsichtiges Stück von VI.

Der Kaligehalt dieses Glimmers variirt somit zwischen 6,06—13,15 %/o. Der Magnesiaglimmer gehört zum hexagonalen (3- und 1axigen) Krystallsystem, einige Varietäten sind jedoch auch monoklinisch; die Härte desselben ist 2,5—3 und das spec. Gewicht 2,75—2,90. Der Magnesiaglimmer ist meistens dunkel, grünlich oder bräunlichschwarz gefärbt, theilt mit dem Kaliglimmer die leichte Spaltbarkeit und verwittert ebenfalls sehr schwer.

Die Magnesiaglimmer bilden Gemengtheile vieler vulkanischer sowie auch Urgebirgsgesteine, vor allem der Basalte, Trachyte, Laven, Porphyre und Granite.

γ. Lithionglimmer.

Für denselben stellt Kammelsberg folgende Formeln auf:



Die Thonerde ist auch hier zum Theil durch Eisenoxyd vertreten; von den Basen RO finden wir Kali, Eisenoxydul, Lithion, Manganoxydul, Magnesia und Natron; alle hierher ge-

hörigen Glimmer sind ferner durch einen bedeutenden Gehalt an Fluor ausgezeichnet.

Die beiden folgenden Analysen von Kammelsberg eine groß- (A) und eine kleinblättrige (B) Varietät, beide von Peterszeche, mögen die Zusammensetzung des Lithionglimmers zeigen.

	Kie- sel- säure	Thon- erde	Eisen- oxyd	Eisen- oxy- dul	Man- gan- oxydul	Kali	Na- tron	Li- thion	Mag- nesia	Phos- phor- säure	Fluor
A.	46,52	21,81	4,78	6,80	1,96	9,09	0,39	1,27	0,44	0,13	7,47
B.	48,65	17,67	—	14,57	1,24	8,60	0,71	2,41	0,53	—	8,16

Der Lithionglimmer gehört zum monoklinischen oder zum rhombischen Krystallsystem. In seinen Eigenschaften steht er dem Kaliglimmer sehr nahe.

d. Leucit.

Der Leucit ist ein Gemengtheil der Laven, hat eine Härte von 5,5—6 und ein spec. Gewicht von 2,45—2,50, gehört zum tesseralen Krystallsystem, ist graulichweiß bis aschgrau, auch röthlichweiß und schwarz.

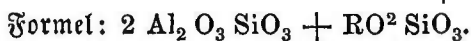
Seine Zusammensetzung repräsentiren die folgenden Analysen, von welchen A vom Vesuv, eine schwarze, glasige Masse und B vom Kaiserstuhl stammt.

	Kieselsäure.	Thonerde.	Kali.	Natron.	Kalkerde.	
A.	57,24	22,96	18,61	0,93	0,91	Kammelsberg.
B.	55,01	22,71	13,60	—	5,61	

e. Nephelin.

Ebenfalls ein Bestandtheil der Laven, ferner im Trachyt, Basalt und in den Doleriten, gehört zum hexagonalen Krystallsystem und besteht aus:

Nephelin vom Vesuv, Kammelsberg.		Nephelin vom Odenwalde, Scheerer.
Kieselsäure	43,56	43,70
Thonerde	32,18	32,30
Natron	16,25	15,80
Kali	7,14	5,60
Kalkerde	0,30	0,80
Magnesia	0,15	—
Eisen- und Manganoxydul	—	1,1
Wasser	—	0,6



Außer diesen hier aufgeführten wasserfreien Silikaten giebt es noch eine große Anzahl, welche ich hier jedoch nicht weiter beschreibe, weil dies einerseits später besser geschieht, da das Kali bei ihnen nicht vorwaltender Bestandtheil ist, und weil sie anderseits in ihrer Verbreitung feltener sind.

§ 141.

B. Wasserhaltige Silikate.

Die Zahl der bis jetzt bekannten wasserhaltigen, Kali führenden Silikate ist eine ziemlich bedeutende, da ihr Vorkommen aber meistens ein beschränktes ist, so führe ich dieselben hier nur mit Namen auf und werde, um die Zusammensetzung derselben zu zeigen, die Analysen von einigen folgen lassen.

Hierher gehörige Mineralien sind:

Algerit, Analcim, Apophyllit, Euphyllit, Giesekit, Gigantolith, Glaukonit, Margarodit, Phillipsit, Pinit, Polhargit, Sericit, Wilsonit u. s. w.

Zu den folgenden Analysen bemerke ich noch, daß dieselben von
 I. einem blaugrauen Pinit von Penig,
 II. einem hellgrauen Pinit aus der Auvergne,
 III. einem Giesekit, von Diana, Newyork,
 IV. einem Wilsonit, rosenroth, glasglänzend, durchscheinend von Bort-
 hurst in Canada, und
 V. Glaukonit in dem Mergel bei Havre vorkommend, herrühren.

	Kiesel- säure	Ehon- erde	Eisen- oxydul	Kalk- erde	Mag- nesia	Kali	Na- tron	Wasser	Name der Analytiker.
I.	47,00	28,36	7,08	0,79	2,48	10,74	1,07	3,83	Rammels- berg.
II.	47,50	31,80	3,92	—	1,78	9,05	0,92	5,03	Marignac.
III.	45,55	31,62	0,88	2,42	3,38	8,11	1,06	7,32	Brusk.
IV.	42,90	—	28,10	6,94	3,99	8,27	0,95	9,00	Hunt.
V.	50,62	3,80	6,02	0,30	0,27	7,14	—	9,14	K. Haus- hofer.

Der Glaukonit kommt in der Kreideformation, auch in älteren und neueren Sedimentformationen, doch besonders reichlich in den Mergeln und Sandsteinen der Kreide vor, daher in landwirthschaftlicher Hinsicht von Wichtigkeit.

Diese wasserhaltigen Silikate — Zeolithe — werden durch Salzsäure in der Regel unter Abscheidung der Kieselsäure vollständig zersetzt.

§ 142.

2. Kieselsäurefreie, kalihaltige Verbindungen.

a. Salpeter.

Der Salpeter, salpetersaures Kali, entsteht überall da, wo stickstoffhaltige, organische Körper in Gegenwart von Kali sich zersetzen; näheres hierüber siehe beim Stickstoff. Da nun dieser Proceß durch Wärme begünstigt wird, so finden wir den Salpeter in größeren Mengen, vor allem in den wärmeren Ländern, wie in Aegypten, Amerika, Afrika, China, Frankreich, Italien, Ostindien, Persien, Spanien, Ungarn u. s. w.

Der Salpeter hat die Formel KO NO^5 (KNO^6) und besteht aus 46,60 Kali und 53,40 Salpetersäure mit 13,84 Stickstoff.

b. Schwefelsaures Kali.

Das schwefelsaure Kali bildet mit der schwefelsauren Thonerde den Alaun und kommt als solcher in der Natur ziemlich häufig vor. Der Alaun ist entstanden und bildet sich fortwährend noch da, wo Schwefelkies, Thon und kalihaltige Mineralien auf einander einwirken. Man findet ihn in manchen Laven, im Alaunfels, Alaunerz u. s. w.

Der Kalialaun hat die Formel $\text{KO SO}_3 + \text{Al}_2 \text{O}_3 \text{ SO}_3 + 24 \text{HO}$ und besteht hiernach aus 10,83 Thonerde, 9,95 Kali, 33,71 Schwefelsäure und 45,51 Wasser.

Ferner finden wir das schwefelsaure Kali verbunden mit schwefelsaurer Magnesia und Chlormagnesium in dem Staßfurter Braumfsalze, unter dem Namen kainit (Piavit); Formel: $\text{KO SO}_3 + \text{MgO SO}_3 + \text{MgCl} + 6 \text{HO}$.

Reichardt beschreibt dann noch ein anderes ebendasselbst vorkommendes Mineral, welches den Namen Polihalit führt und das nach ihm aus

43,44 schwefelsaurem Kalk,
20,56 schwefelsaurer Magnesia,
26,22 schwefelsaurem Kali,
0,58 Chlormagnesium und
7,47 Wasser

besteht.

c. Chlorkalium.

In dem Staßfurter Braumfsalze kommt schließlich das Kali noch als Chlorkalium entweder für sich oder mit Chlormagnesium verbunden vor.

Das Chlorkalium, Sphin genannt, ist verschieden gefärbt, weiß, grau, braun u. s. w. und hat die Formel KCl , im Abraumsalze wenig vorkommend.

Die Verbindung des Chlorkaliums mit Chlormagnesium führt den Namen Carnallit, ist weiß und roth und hat die Formel $KCl + 2 MgCl + 12 HO$; das wichtigste Kalisalz des Staßfurter Abraumfalzes.

Nach Reichardt besteht es aus

Magnesium	Kalium	Chlor	Wasser
7,81	14,95	36,99	40,88

Erdmann hat in dem Carnallit auch Rubidium und Cäsium gefunden. Weiteres hierüber beim Natron.

§ 143.

II. Natron.

Das Natron gehört ebenfalls mit zu den allgemein in der Natur vorkommenden Pflanzennährstoffen; wir finden es in einer großen Anzahl von Mineralien.

1. Kieselsäure Verbindungen.

a. Wasserfreie Silikate.

α. Albit oder Natronfeldspath. Der Albit besteht aus kiesel-saurer Thonerde und kiesel-saurem Natron, wobei auch hier ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd, ein Theil des Natron durch Kali, Kalkerde und Magnesia vertreten sein kann.

Die folgenden Analysen zeigen die Zusammensetzung des Albits.

I. aus Calveras-County in Californien stammend, undeutliche Krystalle; Analyse von Genth,

II. aus der Steele-Grube in Montgomery-County, New-Carolina, in beginnender Zersetzung; Analyse von Popplein,

III. aus dem Melaphyr von Agag, kleine längliche, röthlich-weiße Krystalle von 2,478 spec. Gewicht; Analyse von Diday,

IV. grünlich-weiße Krystalle aus dem blauen Porphyr von aux Caux bei Frejus, spec. Gewicht 2,610; Analyse von Diday.

	Kiesel-säure	Thon-erde	Eisen-oxhd	Man-gan-oxhd	Natron	Kali	Kalk-erde	Mag-nesia	Glüh-verlust
I.	68,39	19,65	0,41	—	10,97	Spur	0,47	—	0,21
II.	60,29	19,16	4,63	Spur	9,90	1,71	1,83	0,23	1,20
III.	67,00	19,20	0,30	—	7,20	2,20	1,20	1,80	—
IV.	69,60	19,30	—	—	4,10	0,60	5,70	0,50	—

Die Zusammensetzung wird hiernach durch folgende Formel repräsentirt: $\text{Al}_2 \text{O}_3 \text{SiO}_3 + \text{RO SiO}_3$.

Der Albit gehört, wie der Orthoklas, zum triklinischen Krystallsystem, auch bei ihm kommen Zwillingbildungen häufig vor; die Härte variiert zwischen 6 bis 6,5 und das spec. Gewicht zwischen 2,48 bis 2,67; Farbe verschieden: weiß, roth, gelb, grün und braun.

Der Albit zerfällt viel leichter als der Orthoklas.

Was das Vorkommen des Albits betrifft, so steht derselbe in dieser Beziehung dem Orthoklas weit nach; wir finden ihn als Gemengtheil der Diorite und mancher Granite.

β. Andesin.

Derselbe ist in seinen äußeren Eigenschaften dem Albit sehr ähnlich, weicht jedoch in seiner Zusammensetzung wesentlich von demselben ab; er enthält nämlich weniger Kieselsäure und Natron als der Albit, an deren Stelle Basen auftreten.

Folgende Analysen mögen seine Zusammensetzung darthun.

I. ein gelblich weißer krystallinischer Andesin aus dem Diorit von Faymont in den Vogesen,

II. ein grünlich durchscheinender, krystallinischer Andesin mit feiner Zwillingstreifung versehen von La Brosse, spec. Gewicht 2,667,

III. klare durchsichtige deutlich parallel gestreifte Krystalle aus dem grobkörnigen Dolerit des Frauenberges bei Heubach in der Rhön; spec. Gewicht 2,696,

IV. wasserhelle, glasglänzende, muschlig brechende Zwillingkrystalle aus dem Basalt des Steinbühls bei Weilburg; spec. Gewicht 2,694.

	Kiesel- säure	Thon- erde	Eisen- oxyd	Man- gan- oxyd	Kalk- erde	Mag- nesia	Natron	Kali	Wasser
I.	59,38	25,57	—	—	6,50	—	7,30	—	1,25
II.	58,55	25,26	0,20	Spur	5,03	1,30	6,44	1,50	0,91
III.	59,79	25,91	—	6,86	—	6,83	0,61	—	—
IV.	58,88	26,94	—	7,96	—	6,01	0,68	—	—

die Analysen I und II von Delessé, III und IV von Th. Peter sen.

Der Andesin kommt in den vulkanischen Gesteinen der Anden, im Syenit der Vogesen und im Porphyr des Esterelgebirges vor.

γ. Oligoklas.

Die Zusammensetzung dieses Feldspath zeigen die folgenden Analysen:

I. Oligoklas von Fredestrand; Analyse von Scheerer.

II. Oligoklas vom Arendal; Analyse von Hagen.

III. Blasse, grünlichweiße Zwillingsskrystalle aus dem dunkelgrünen Porphyr von Quenast, Belgien; Analyse von Delesse.

IV. Oligoklas als Gemengtheil des Granits vom Geisinger-Felsen im Fichtelgebirge; Analyse von v. Gerichten.

	Kiesel- säure	Thon- erde	Eisen- oxyd	Kalk- erde	Mag- nesia	Natron	Kali	Glüh- verlust
I.	61,30	23,77	0,36	4,78	—	8,50	1,29	—
II.	63,51	23,09	—	2,44	0,77	9,37	2,19	—
III.	63,70	22,64	0,53	1,44	1,20	6,15	2,81	1,22
IV.	61,36	22,25	1,60	1,10	Spur	11,06	2,07	—

Die Formel ist hiernach $2 \text{Al}_2 \text{O}_3 \text{SiO}_3 + \text{ROSiO}_3$; er gehört dem triklinischen Systeme an, hat eine Härte von 6 und ein spec. Gewicht von 2,63—2,68, ist gelblich, graulich, auch grün gefärbt, und kommt im Granit, Granitit, Syenit, Porphyr, Diabas u. s. w. als Gemengtheil vor.

§ 144.

b. Wasserhaltige Silikate.

Die wasserhaltigen als alkalische Basis vorherrschend Natron führenden Silikate sind zwar an Zahl nicht unbedeutend, dagegen nicht sehr verbreitet. Die wichtigsten sind:

Analcim, Brevicit, Faujasit, Smelinit, Herschelit, Mesolith, Natrolith u. a. m.

I. Analcim, wasserhelle Krystalle von der Cyclopen-Insel, spec. Gewicht 2,236; Analyse von v. Waltershausen.

II. Natrolith aus dem Zirkon-Syenit von Laurvig, spec. Gewicht 2,207; Analyse von Smelin.

	Kiesel- säure	Thon- erde	Natron	Kali	Kalk- erde	Wasser
I.	53,71	24,02	7,39	5,50	1,04	8,50
II.	48,68	26,37	16,00	0,35	—	9,55

Ueber das Verhalten dieser wasserhaltigen Silikate gilt das beim Kali pag. 491 Angeführte.

§ 145.

2. Verbindungen ohne Kieselsäure.

Unter den Mineralien, welche keine Kieselsäure enthalten, nimmt das Kochsalz als das verbreitetste, den ersten Rang ein.

Dasselbe findet sich, wie wir bereits früher beim Wasser gesehen haben, in den verschiedenen Wässern in größerer oder geringerer Menge; ferner bildet es mit Gyps und anderen Salzen mächtige Lager in mehreren Gebirgs-Formationen, sowie Efflorescenzen der Erdoberfläche (südliches Rußland, Afrika, China) und schließlich wird es als Sublimat in den Klüften mancher Lavaströme gefunden.

Nach Nöggerath ist das Meer die Mutter von allem Kochsalz in und auf der Erde, wofür das Steinsalzlager zu Staßfurt den schönsten Beweis liefert, da dasselbe alle die Salze, welche im Meere vorkommen, nach dem Grade ihrer Löslichkeit von unten nach oben aufeinander liegend, enthält.

Da das Staßfurter Steinsalz das interessanteste der bis jetzt bekannten Steinsalzlager und wegen seines Gehalts an Kalisalzen so außerordentlich wichtig ist, so möge hier eine kurze Angabe der Lagerung der einzelnen Salze nach Nöggerath seinen Platz finden. Zu unterst kennt man bis jetzt eine 685' dicke Schicht reinen Steinsalzes, welche nur durch Schnüre von Anhydrit von $\frac{1}{4}$ " Dicke in durchschnittlich 7" dicke Bände getheilt wird. Der Anhydrit und auch auf seinen Rändern das Steinsalz selbst sind etwas grau von bituminösem Gehalte. Diese Abwechslung deutet auf eine in der Zeit unterbrochene Bildung des Steinsalzlagers hin, welche sich auf die abwechselnden Jahreszeiten beziehen läßt, ähnlich wie beim Ettonsee. Auf die mächtige Steinsalzlagerung folgt eine Schicht von 200' Mächtigkeit unreinen Steinsalzes, welche schon leichter lösliche Salze aufgenommen hat, ohne jedoch dadurch den wesentlichen Charakter des Steinsalzes zu verlieren. Nach dem unreinen Steinsalz kommt eine Schicht von 180' Dicke, in der neben Steinsalz das Bittersalz vorwaltet; die obere Lage von einer Stärke von 135' wird durch ein buntes, schichtenartiges Gemisch von Kalisalzen, Bittersalzen und Steinsalz gebildet, vorwaltend sind hierbei die ersteren, welche am leichtesten löslich und sich so zuletzt aus der Mutterlauge abgesetzt haben.

Die oberen Schichten, welche, damit man zum reinen Steinsalz gelangen konnte, abgeräumt werden mußten, führen den Namen Abraumsalz.

Die außerordentlich hohe Bedeutung dieses Steinsalz-Lagers für Deutschland braucht hier nicht erst hervorgehoben zu werden, bemerkt sei nur noch, daß es dieselbe nicht nur dem Steinsalz sondern ebenso den Kalisalzen verdankt und durch diese für viele

technische Gewerbe, sowie vornehmlich für die Landwirthschaft von ganz besonderer Wichtigkeit ist.

Das Kochsalz (Steinsalz) krystallisirt in Würfeln, ist in Wasser leicht löslich und besteht aus 60,41 Chlor und 39,59 Natrium. Die Farbe des Steinsalzes ist verschieden, wir finden es farblos, aber auch gelb, roth, grau, ja blau und grün gefärbt.

Von den andern Natronverbindungen sind noch zu erwähnen, Natronsalpeter (Chilisaalpeter), Glaubersalz (schwefelsaures Natron), Natronalaun, Thermonatrit, Soda (kohlen-saures Natron), Trona ($1\frac{1}{2}$ fachkohlen-saures Natron) u. s. w.

§ 146.

III. Kalkerde.

Die Kalkerde ist in der Natur sehr verbreitet, wir finden sie mit Säuren verbunden und zwar in Form von Silikaten, oder als kohlen-saures, schwefel-saures und phosphor-saures Salz, sowie als Fluor- und Chlorcalcium.

1. Die Silikate.

A. Wasserfreie Silikate.

Unsere bisherige Betrachtung hat uns schon mit einer Anzahl von Silikaten bekannt gemacht, in denen Kalk einen Bestandtheil ausmacht. Es sind hier noch ferner zu nennen:

a. Labrador.

Kiesel-saure Thonerde und kiesel-saure Kalkerde, wobei ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd, ein Theil des Kalkes stets durch Natron, ferner noch durch Kali und Magnesia vertreten sein kann.

Die Zusammensetzung des Labradors zeigen folgende Analysen:

I. bläulich grauer Labrador aus Neurode, spec. Gewicht 2,715; Analyse von v. Nath,

II. weißer Labrador aus dem Harze, spec. Gewicht 2,817; Analyse von Nammelberg,

III. bläulich weißer Labrador aus einem Gabbro, spec. Gewicht 2,707; Analyse von v. Nath,

IV. graulich weißer Labrador, Neurode, spec. Gewicht 2,709; Analyse von v. Nath,

V. gelblich krystallisirter Labrador aus zer-settem Basalt von Island, spec. Gewicht 2,709; Analyse von D a m o u r.

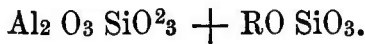
VI. gelblich krystallisirter Labrador aus verwittertem Diabas-Porphyr, Clausthal; Analyse von Meßger,

VII. violetter Labradorit von Labrador; A. C. D u d e m a n s jun.,

VIII. weißer Labradorit, nicht durchsichtig und sehr wenig spaltbar; A. C. D u d e m a n s jun.

	Kiesel- säure	Thon- erde	Eisen- oxyd	Kalk- erde	Mag- nesia	Kali	Natron	Glüh- verlust
I.	52,55	28,32	2,44	11,61	0,48	0,64	4,52	0,62
II.	51,00	29,51	Spur	11,29	0,28	2,09	3,14	2,48
III.	50,31	27,31	1,71	10,57	0,78	1,55	4,81	2,20
IV.	47,05	30,44	1,56	16,53	0,09	0,78	2,10	1,87
V.	52,17	29,22	1,90	13,11	—	—	3,40	—
VI.	54,44	25,50	5,33	8,05	—	0,12	2,11	3,65
VII.	56,21	29,19	1,31	11,14	0,51	Spur	1,37	Spur
VIII.	58,10	27,90		9,40	Spur	—	5,10	—

Hiernach wird die Zusammensetzung durch folgende Formel repräsentirt:



Der Labrador gehört dem triklinischen Krystallsysteme an, kommt aber auch derb vor, ist spaltbar, hat eine Härte von 6 und ein spec. Gewicht von 2,68—2,817. Durch Säuren wird er zerlegt, Farbe verschieden.

Der Labrador ist ein Gemengtheil vieler Gesteine, so der Syenite, Grünsteine, Dolerite u. s. w.

b. Anorthit.

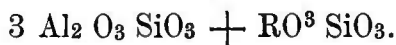
Derselbe besteht aus kiesel-saurer Thonerde und kiesel-saurer Kalkerde, wobei die letztere Basis durch etwas Magnesia, Kali und Natron vertreten sein kann.

I. wasserheller Anorthit aus der Thjorsa-Lava, spec. Gewicht 2,75; Analyse von D a m o u r,

II. weißer, durchscheinender Anorthit, körnige Stücke bildend, aus dem Ural, spec. Gewicht 2,73; Analyse von P o t y k a.

	Kiesel- säure	Thon- erde	Eisen- oxyd	Kalkerde	Natron	Mag- nesia	Kali
I.	45,97	33,28	1,12	17,21	1,85	—	—
II.	45,31	34,33	0,71	16,85	2,59	0,11	0,91

Die Formel des Anorthits ist:



Farbe meist weiß und durchscheinend, Härte 6, spec. Gewicht 2,67—2,75; er wird von concentrirter Salzsäure vollständig zerseht.

Der Anorthit kommt im Kugeldiorit, in der Thjorsa-Lava, in Meteorsteinen u. s. w. vor.

c. Epidote.

Die chemische Zusammensetzung derselben ist ziemlich schwankend; es sind im Wesentlichen Verbindungen von Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Kalkerde.

Folgende Analysen mögen die Zusammensetzung der Epidote zeigen.

I. Grüner Epidot aus dem Oligoklas-Porphyr von Quenast, Belgien; Analyse von Drapiez.

II. Bläßgelblich grüner Epidot aus dem Diabas der Chalanges von Allemont; Analyse von Lory.

III. Epidot von Boury d'Osant, spec. Gewicht 3,42.

IV. Epidot von Aschmatowsk, spec. Gewicht 3,41.

V. Epidot von der Silzhöhle bei Helsingfors, spec. Gewicht 3,45.

Die 3 letzten Analysen von Hermann.

	Kiesel- säure	Thon- erde	Eisen- oxyd	Eisen- oxydul	Kalk- erde	Man- gan- oxydul	Mag- nesia	Natron	Wasser
I.	34,00	26,00	17,00	—	19,00	1,00	—	—	3,00
II.	40,60	30,20	11,20	—	17,70	—	—	—	—
III.	38,00	20,87	15,06	1,90	21,93	Spur	—	—	2,08
IV.	40,27	20,08	14,22	2,39	21,61	Spur	0,53	—	0,16
V.	39,67	18,55	14,31	3,25	20,53	Spur	1,62	0,52	1,23

Die Epidote (Bistazite und Zoisite) sind monoklinisch, haben eine Härte von 6—7 und spec. Gewicht von 3,2—3,5.

Die Epidote kommen als eingewachsene Krystalle und als eingesprengte stengliche, derbe Stücke im Granit, Syenit, Gneis, Grünstein und in vulkanischen Gesteinen vor.

d. Augit.

Dieses Mineral besteht aus kiesel-saurer Kalkerde und kiesel-saurer Magnesia, ein Theil beider Basen ist häufig durch Eisenoxydul und Manganoxydul vertreten.

Die folgenden Analysen zeigen die Zusammensetzung des Augits.

I. Augit aus dem Porphyr von Teruah; Analyse von Delesse,

II. dunkelgrüner Augit mit Skolopsit, am Kaiserstuhl vorkommend; Analyse von Kamelberg,

III. hellbrauner Augit, schwachglänzend, vom Harze, spec. Gewicht 3,25; Analyse von Streng,

IV. lebhaft glänzender Augit aus dem Gabbro des Ettersberges, spec. Gewicht 3,31; Analyse von Streng,

V. dunkelbrauner Augit, aus dem Gabbro von der Barte, spec. Gewicht 3,24; Analyse von Streng,

VI. Augit aus der Lava von 1858, schwarze Krystalle; Analyse von Sammelberg.

	Kiesel- säure	Ehon- erde	Eisen- oxydul	Man- gan- oxydul	Kalkerde	Mag- nesia	Wasser
I.	49,00	5,08	7,19	Spur	18,78	15,95	2,26
II.	48,02	2,67	13,57	1,28	25,34	9,74	—
III.	52,34	3,05	8,84	—	19,18	15,58	0,66
IV.	51,26	3,62	9,11	—	19,18	16,69	0,34
V.	51,70	5,41	6,67	Spur	19,68	15,08	0,82
VI.	49,61	4,42	9,08	—	22,83	14,22	—

Hiernach ist die Formel des Augits: $\text{CaO}^3 \text{SiO}_2^3 + \text{RO}^3 \text{SiO}_2^3$. Der Augit gehört zum monoklinischen Krystallsystem, hat eine Härte von 5—6 und ein spec. Gewicht von 2,88—3,5, ist farblos, meistens jedoch gefärbt und zwar grau, grün bis schwarz. Der Augit verwittert schwer, weshalb wir ihn vielfach noch im Sande der Ackererde vorfinden.

Der Augit kommt im Basalt, vulkanischen Porphyrn, Laben, im Diorit, in den Meteorsteinen u. s. w. vor.

Man unterscheidet noch folgende Varietäten: Diallag, Diopsid, Fassait, Kockolith, Salit u. s. w.

e. Hornblende.

Die Hornblende gehört zu demselben Krystallsysteme, wie der Augit und steht ihm auch in der Zusammensetzung sehr nahe, wie folgende Analysen zeigen:

I. Hornblende aus Diorit von den Vogesen; sehr faserig, schön grün und blättrig, spec. Gewicht 3,059; Analyse von Delessé,

II. eben daher, schwarz und blättrig, deutliche Krystalle; Analyse von Delessé,

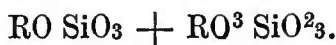
III. Hornblende von Zsidovác in Ungarn, spec. Gewicht 3,136; Analyse von Ruffin,

IV. Hornblende aus dem Diabas der Chalanges von Allemont; Analyse von Lory,

V. Hornblende aus ähnlichem Gestein von Boury d'Osans, Analyse von Lory.

	Kiesel- säure	Thon- erde	Eisen- oxydul	Man- gan- oxydul	Kalk- erde	Mag- nesia	Kali	Natron	Glüh- verlust
I.	50,04	8,95	9,59	0,20	11,48	18,02	0,08	0,81	0,59
II.	41,99	11,86	22,22	—	9,55	12,59	1,32		0,47
III.	46,01	10,49	10,03	3,46	13,80	15,09	—	—	—
IV.	45,30	8,00	25,70	—	12,30	6,00	1,30		1,40
V.	50,90	4,90	21,20	—	11,20	8,70	1,50		1,60

Hiernach ist die Formel für die Hornblende:



Die Hornblende ist ein Gemengtheil vieler Gesteine, so z. B. untergeordnet im Granit und Granitit, wesentlich im Syenit, Syenitporphyr, im Diorit, Melaphyr u. s. w. Die Hornblende verwittert ebenfalls schwer, und zwar um so schwerer, je weniger sie eisenhaltig ist.

Man unterscheidet bei den Hornblende-Mineralien, welche auch unter dem Namen Amphibole zusammengefaßt werden, gemeine und basaltische Hornblende, Strahlsteine, Grammatit, Uralit, Anthophyllit, Asbest u. s. w.

§ 147.

B. Wasserhaltige Silikate.

Da die hierher gehörigen wasserhaltigen Silikate nicht sehr verbreitet sind, so führe ich auch hier nur die Namen einiger derselben an, denen dann auch von wenigen die Analysen folgen werden. Hier sind zu nennen:

Apophyllit, Caporcianit, Chabasit, Diphanit, Euphyllit, Glotalith, Huronit, Saumontit, Lebyn, Margarit, Mesolith, Neurolith, Ofenit, Pektolith, Phakolith, Phillipfit, Pehnit, Stellit, Skolezit, Stilbit, Thomsonit, Zeagonit.

I. Pektolith, Analyse von G. Rose, Formel: $4 CaO^3 SiO_2_3 + 3 NaO SiO_3 + 3 HO.$

II. Ofenit, Analyse von v. Kobell, Formel: $CaO_3 SiO_4_3 + 6 HO.$

III. Apophyllit, Analyse von Kammeisberg, aus dem Gabbro des Kadathales, Harz, spec. Gewicht 1,961.

IV. Zeagonit von Island, Analyse von Bunsen.

V. Skolezit von Island, Analyse von Gibbs. Formel: $CaO SiO_3 + Al_2 O_3 SiO_3 + 3 HO.$

VI. Chabasit bei Annerod unweit Gießen von aus blasigem Basalt entstandenem Akerboden; Analyse von Engelhardt, Formel: $3 RO 2 SiO_3 + 3 (Al_2 O_3 2 SiO_3) + 18 HO.$

	Kiesel- säure	Eisen- oxyd	Thon- erde	Kalkerde	Mag- nesia	Kali	Natron	Wasser
I.	52,10	—	—	34,20	—	—	9,50	4,20
II.	57,00	—	—	26,00	—	—	—	17,00
III.	38,95	14,75	11,62	9,13	6,28	0,71	0,68	17,86
IV.	52,48	—	—	24,61	—	4,75	—	16,73
V.	46,72	—	25,90	13,71	—	—	—	13,87
VI.	48,31	0,14	19,47	11,00	0,26	1,17	—	19,65

§ 148.

2. Kieselsäurefreie Verbindungen.

a. Kohlen-saurer Kalk.

Der kohlen-saure Kalk ist sehr allgemein verbreitet.

α. Der Kalkspath, sehr schöne Krystalle bildend, welche zum hexagonalen Krystallsystem gehören, hat eine Härte von 3, und ein spec. Gewicht von 2,6—2,72, ist weiß, oft auch grau, gelb, roth, blau, grün bis schwarz. Der reine Kalkspath hat die Formel CaOCO_2 und besteht aus 44 Kohlen-säure und 56 Kalkerde; vielfach ist jedoch die Kalkerde durch kleine Mengen Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxydul und Zinkoxyd vertreten. Der Kalkspath kommt in der Ur-, Uebergangs- und Flözzeit vor. Während die frei aus krystallisirten Varietäten den Namen Kalkspath führen, wird die körnige und dichte Varietät Marmor und Kalkstein genannt. Der Marmor findet sich im älteren Gebirge, der Kalkstein gehört dagegen dem Uebergangs- und Flözgebirge an; ferner werden stengelige und faserige Varietäten (Faserkalk, faseriger Kalksinter) oder schalige (Schieferspath) gefunden; zu nennen sind auch oolithischer Kalkstein, Kogenstein, Anthraconit und Bergmilch.

Von diesen Varietäten ist der Kalkstein die verbreitetste und daher auch landwirthschaftlich, sowie technisch die wichtigste. Der Kalkstein ist aber nicht immer reiner kohlen-saurer Kalk, sondern vielfach kommen als Gemengtheile desselben, noch kohlen-saure Magnesia, oxydirtes Eisen und Mangan, Thon und Sand, kohlige und bituminöse Beimengungen vor, wie unter vielen anderen die folgenden Analysen von Bischof zeigen.

I. Ist grauer, körniger Kalkstein aus einem Steinbruche in der Mitte von Ober-Schmottseifen.

II. Bläprother, körniger Kalkstein mit grünlichem Glimmer.

III. Glimmerschieferiges Gestein, den Kalkstein begleitend, aus einem Steinbruche, von Ober-Schmottseifen; es braust durch und durch mit Säuren.

	I.	II.	III.
Kohlensaurer Kalk mit wenig kohlensaurer Magnesia	82,10	87,49	29,59
Kohlensaures Eisenoxydul	2,59	0,47	2,43
In Säuren unlöslicher Rückstand (Quarz und Glimmer)	15,31	12,04	67,98

β. Arragonit, derselbe gehört zum rhombischen Krystallsystem, hat dieselbe Zusammensetzung wie der Kalkspath, eine Härte von 3,5—4 und ein spec. Gewicht 2,7—2,96; ist aber weit seltener als dieser. Varietäten desselben sind der Erbsen- und Sprudelstein (von Karlsbad).

b. Schwefelsaurer Kalk.

α. Anhydrit (wasserfreier, schwefelsaurer Kalk); derselbe, dem rhombischen Systeme angehörig, ist weiß, auch bläulichweiß, violettblau, röthlichweiß bis fleischroth u. s. w. gefärbt, seine Härte ist gleich 3—3,5 und sein spec. Gewicht 2,8—3. Er hat die Formel CaO SO_3 , besteht aus 58,82 Kalkerde und 41,18 Schwefelsäure und kommt vor allem im Steinsalz und Gypsgebirge vor.

β. Gyps (wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk). Derselbe ist monoklinisch, häufig sind auch Zwillingkrystalle, Härte ist gleich 1,5—2, spec. Gewicht 2,2—2,4, farblos und verschieden gefärbt; die Formel ist $\text{CaO SO}_3 + 2 \text{HO}$, und hiernach seine Zusammensetzung 32,56 Kalkerde, 46,51 Schwefelsäure und 20,93 Wasser; er ist in Wasser ziemlich schwer (380—460 Theilen), in heißer concentrirter Salzsäure dagegen vollständig löslich.

Der Gyps ist im Gebiete gewisser Sedimentär-Formationen sehr verbreitet, wir finden ihn vor Allem in dem jüngeren Theil des Ueberganggebirges, in der Trias- und Tertiärformation.

Varietäten des Gypses sind Gypsopath oder Frauen-Eis, Fasergyps, körniger oder dichter Gyps (Alabaster, Stinkgyps), erdiger Gyps und Thongyps.

c. Der phosphorsaure Kalk wird bei der Phosphorsäure besprochen werden.

§ 149.

IV. Magnesia.

Die Magnesia kommt als Magnesiahydrat (Brucit), als Kieselsäure-Verbindung für sich und im Verein mit andern kiesel-

sauren Salzen, sowie als kohlensaure, schwefelsaure Magnesia und als Chlormagnesium vor.

a. In Verbindung mit Kieselsäure.

α. Talk.

Der Talk ist kiesel-saure Magnesia und Wasser; der Wasser-gehalt, der früher in Zweifel gezogen wurde, ist jetzt durch Delesse und Scheerer bewiesen, ein Theil der Magnesia ist ferner gewöhnlich durch Eisenoxydul, Manganoxydul und Kalkerde vertreten, wie die folgende Analyse von Delesse darthut.

Kieselsäure	Thonerde	Eisen- oxydul	Mangan- oxydul	Kalkerde	Magnesia	Wasser
59,61	0,81	3,95	0,56	2,88	28,41	3,78

Delesse hat hiernach die Formel $4 (RO SiO_3) + RO HO$ aufgestellt. Der Talk wird von Säuren nicht angegriffen, verwittert dagegen unter dem Einfluß der Atmosphärien leicht. Er kommt im Ur- und Uebergangsgewirge vor, namentlich in Sibirien, Schottland, dem Schweizer- und Tyroler Alpen-Talk-schiefer.

β. Speckstein.

Auch der Speckstein, welcher früher für wasserfrei gehalten wurde, ist wasserhaltig und zwar beträgt die Menge desselben an 5 %; nach Kammelberg repräsentirt die Formel $3 MgO^2 SiO_3 + 6 (MgO SiO_3)$ die Zusammensetzung des wasserfreien Specksteins. Der Speckstein wird ebenfalls durch Säuren nicht angegriffen, er kommt auf Erzlagerstätten und auch im Serpentin vor.

Im Speckstein kann ein Theil der Magnesia durch Eisenoxydul, Kalkerde u. s. w. vertreten sein.

γ. Serpentin.

Derselbe ist nach der Formel $2 (MgO^3 SiO_2^3 + 3 HO) + 3 MgO HO$ zusammengesetzt, wobei die Magnesia zum Theil durch andere Basen nach der Formel RO vertreten sein kann. Man unterscheidet edlen und gemeinen Serpentin, von denen

der letztere durch verschiedene Beimengungen verunreinigt ist und ganze Berge und Stöcke im Granit, Gneiß u. s. w. bildet. Zu ihm gehört auch: Pikrosmin, Pikrophyll, Monradit, Chrysolith, Willarfit, Meerschäum, Alivin u. s. w.

Die wichtigsten kieselsauren Doppel-Verbindungen der Magnesia sind schon beim Kalk aufgeführt. Hier sind noch zu erwähnen der Chlorit, eine Verbindung von kieselsaurer Thonerde, kieselsaurer Magnesia, Eisenoxydul und Wasser. Nach Kammelsberg hat derselbe die Formel $3 \text{RO}^3 \text{SiO}_3 + \text{R}_2 \text{O}^3 \text{SiO}_3 + 9 \text{HO}$. Der Chlorit ist unlöslich in Salzsäure, wird aber von concentrirter Schwefelsäure zersetzt und verwittert an der Luft. Man unterscheidet blättrigen, schiefrigen, erdigen und gemeinen Chlorit, von welchem der schiefrige als Chloritschiefer die verbreitetste Form ist, derselbe bildet nämlich große Gebirgsmassen im Urgebirge.

§ 150.

b. In Verbindungen ohne Kieselsäure.

a. Kohlensaure Magnesia.

Die kohlensaure Magnesia kommt entweder als solche vor — Magnesit —, oder in Verbindung mit kohlensaurem Kalk — Dolomit.

Beim Magnesit unterscheidet man späthigen (Magnesit-spath) und dichten Magnesit (Giobertit); beim Magnesit ist meistens ein Theil der Magnesia durch Eisenoxydul, Manganoxydul und Kalkerde vertreten, wonach die Farbe eine verschiedene ist; er wird vor allem in schiefrigen, magnesiabaltigen Gesteinen in Norwegen, der Schweiz u. s. w. gefunden.

Der Magnesit hat die Formel MgO CO_2 und besteht hienach aus 51,7 Kohlenensäure und 48,3 Magnesia.

Der Dolomit (Braunspath, Bitterspath, Rautenspath) besteht im reinen Zustande aus 54,2 kohlenaurer Kalkerde und 45,8 kohlenaurer Magnesia; jedoch variiren die Mengenverhältnisse beider sehr; dann enthalten die Dolomite vielfach noch kohlensaures Eisenoxydul und Manganoxydul. Farbe ebenfalls sehr verschieden.

Dolomit und Magnesit werden von Säuren viel schwerer gelöst als der kohlensaure Kalk. Der Dolomit ist sehr verbreitet, er bildet oft ganze Gebirgsmassen, so in den Alpen,

dem deutschen Jura, Thüringer Walde u. s. w. — Flöz-Dolomit, Rauhwacke.

β. Schwefelsaure Magnesia (Bittersalz).

Das Bittersalz wird häufig gefunden, es bildet sich stets da, wo oxydirende Schwefelkiese auf magnesiashaltige Mineralien einwirken können und hat die Formel: $\text{SO}_3 \text{MgO} + 7 \text{HO}$. Das Bittersalz ist in Wasser leicht löslich.

Die schwefelsaure Magnesia kommt ferner noch mit schwefelsauren Alkalien, alkalischen Erden und Chlormagnesium verbunden vor, von welchen Verbindungen wir einige bei den Alkalien besprochen haben.

§ 151.

V. Eisen.

Wir haben das Eisen schon mehrfach als Bestandtheil der Mineralien kennen gelernt. Dasselbe kommt in den Meteorsteinen gebiegen als Eisenoxyduloxyd (Magnetisenstein), als Eisenoxyd (Eisenglanz, Rotheisenstein), als Eisenoxydhydrat (Brauneisenstein, Gelbeisenstein, Nadeleisenerz, Raseneisenstein, Wiesenerz u. s. w.) als kohlensaures Eisenoxydul (Spatheisenstein, Thoneisenstein), als schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol), phosphorsaures Eisenoxydul und Eisenoxyd (Blaueisenerde, Rasenerz z. Thl. Grüneisenstein u. s. w.), als Schwefeleisen (Schwefelkies, Strahlkies, Magnetkies u. s. w.) allgemein verbreitet vor.

VI. Mangan.

Außer dem bereits erwähnten Vorkommen des Mangans, findet sich dasselbe als Manganspath (kohlensaures Manganoxydul), Braunit (Manganoxyd), Manganit, Wad (Manganoxydhydrat), Braunstein oder Pyrolusit (Manganhyperoxyd).

VII. Kieselsäure.

Die Kieselsäure kommt in der Natur als solche und in Verbindung mit Basen vor, welche letztere wir aus unserer bisherigen Betrachtung schon kennen gelernt haben.

Die Kieselsäure zeigt, mag sie als solche oder als kieselsaure Verbindung gefunden werden, zwei Modificationen, von denen die eine löslich, die andere unlöslich ist.

1. Unlösliche Kieselsäure.

a. Krystallisirte Kieselsäure.

Hierher gehören die Quarze und zwar: Bergkrystall, Chalcedon, Feuerstein, Hornstein, Achat, Kieseltuff, Amethyst, gemeiner Quarz, welcher einer der Hauptgemengtheile der meisten krystallischen Gesteine (Granite, Gneiß, Glimmerschiefer, Quarzporphyr u. s. w.) ist, Jaspis, welcher Thonerde und Eisenoxyd beigemengt enthält und Kieselschiefer (hydischer Stein, mit Thonerde, Kalkerde, Eisenoxyd u. s. w.). Bei allen diesen Arten kommen noch verschiedenfache Abänderungen vor, z. B. beim gemeinen Quarz: Rosen-, Faser-, Milch-, Schiller- u. s. w. Quarz, Eisenkiesel, Aventurin, Prasem, bei den Chalcedonen: Plasma (Heliotrop), Carneol, Onyx u. s. w.

b. Amorphe Kieselsäure.

Die amorphe Kieselsäure unterscheidet sich von der krystallinischen durch ihre Löslichkeit in den wässrigen Lösungen von Alkalien und kohlen-sauren Alkalien; dieselbe enthält vielfach etwas Wasser, das ihr durch Glühen entzogen werden kann und das, da keine bestimmten Mischungsverhältnisse zwischen Wasser und Kieselsäure vorhanden sind, nicht füglich als Hydratwasser angesehen werden darf.

Zu nennen sind hier: der Opal, die Kieselpanzer der vorweltlichen und noch lebenden Kieselinfusorien (Tripel, Bergmehl, Kieselguhr u. s. w.) und ein Theil der Kieselsäure, die wir in den Ackererden beim Thon und beim Sande antreffen; die Menge derselben in den Ackererden beträgt meistens mehrere Procen-te; siehe in Bezug hierauf das Kapitel „der Boden.“

Die unlösliche Form der Kieselsäure ist auch in allen wasserfreien Silikaten enthalten.

2. Lösliche Kieselsäure.

Wir finden im Meerwasser, Flußwasser u. s. w. stets gelöste Kieselsäure, sowie auch die Ackererden stets in Wasser lösliche Kieselsäure führen. Die lösliche Form der Kieselsäure ist ferner in den sogen. zeolithartigen Mineralien enthalten.

Was die Zusammensetzung der Kieselsäure betrifft, so ist sie entweder als aus 1 Atom Silicium und 2 Atomen Sauerstoff oder aus 1 Atom Silicium und 3 Atomen Sauerstoff zusammengesetzt zu betrachten, wonach sie

also die Formel: SiO_2 resp. SiO_3 hat; es kann hier auf die Gründe, welche für und wider die eine und die andere Formel angeführt worden sind, nicht eingegangen werden. Da sich aber die Formeln für die Mineralien je nachdem die Kieselsäure als SiO_2 oder SiO_3 angesehen wird, wesentlich ändern, so mußte dies hier bemerkt werden. Bei unserer Betrachtung ist die Kieselsäure unter der Formel SiO_3 aufgeführt worden.

§ 152.

VIII. Schwefelsäure.

Das Vorkommen der Schwefelsäure als schwefelsaures Salz und Schwefelmetall ist schon bei den Basen behandelt, so daß hier nur auf das dort Angeführte verwiesen zu werden braucht. Dasselbe gilt von dem

IX. Chlor.

§ 153.

X. Die Phosphorsäure.

Die Phosphorsäure kommt in der Natur ganz allgemein verbreitet vor, wir finden sie:

1. im Apatit (Phosphorit),
2. in den Coprolithen und Osteolithen,
3. in den Guanosorten,
4. in den Knochen,
5. in einer Anzahl seltener Mineralien.

1. Apatit (Phosphorit).

Der Apatit ist verschiedenartig gefärbt, er wird mit weißer, grauer, gelber, grüner, blauer, hellrother bis hellbrauner, auch rother Farbe gefunden und kommt entweder in regulären Krystallen oder krystallinisch, auch faserig, blättrig, dorb oder in rundlichen Körnern vor.

Bei den Krystallen ist die sechsseitige Säule die Grundform; dieselben sind meistens sechsseitige Prismen, bisweilen mit Dihexanderflächen, bisweilen mit rhombischen Flächen zugespitzt.

Nach Rose sind die Apatite Verbindungen von 3 Atomen dreibasisch phosphorsaurem Kalk mit 1 Atom Fluor- oder Chlorcalcium, sie führen daher die Namen: Fluor- oder Chlorapatite; zuweilen kommen auch Fluor- und Chlorcalcium zusammen vor.

Die Formel für den Apatit ist daher beim Chlorapatit $3(3\text{CaO PO}_5) + \text{Ca Cl}$ und beim Fluorapatit $3(3\text{CaO PO}_5) + \text{Ca Fl}$.

Nach diesen Formeln ist die Zusammensetzung des Chlorapatits:
 10,62 Chlorcalcium und
 89,38 phosphorsaure Kalkerde;
 die des Fluorapatits:
 7,69 Fluorcalcium und
 92,31 phosphorsaure Kalkerde.

Der Phosphorit ist mehr oder weniger unreiner Apatit, von verschiedener Farbe und Consistenz.

Was das Vorkommen des Apatits anbetrißt, so ist derselbe in den verschiedensten Theilen Europas und Amerikas gefunden worden.

In den folgenden Ländern kommt der Apatit resp. Phosphorit in solchen Mengen vor, daß er bergmännisch gewonnen und so der Landwirthschaft nutzbar gemacht werden kann: Deutschland (Maffau, Hörde in Westphalen, Hanau, Honnef bei Bonn, Schlaggenwalde in Böhmen u. s. w.), Norwegen und Schweden (Krageroe, Snarum), Ungarn (Kobropajana und Szigeth), Spanien (Lagrosan), Frankreich (in den Departements der Ardennen und der Maas), Großbritannien (Devonshire, Cornwall, Schottland), und Amerika (Connecticut, Germantown, West-Greenland, Hurdstown u. s. w.)

In kleineren Mengen, so daß seine bergmännische Gewinnung nicht mehr lohnend ist, finden wir ihn ferner in Tirol, Salzburg, Kärnthen, Steiermark, Mähren, der Schweiz u. s. w.

Außer diesem so eben näher besprochenen Vorkommen des Apatits in größeren Massen, findet er sich auch in den meisten Urgebirgsarten und Gesteinen der verschiedensten Länder, wenn auch nur in kleineren Mengen.

Da das allgemeine Vorkommen der Phosphorsäure landwirthschaftlich sehr wichtig ist, indem sich dadurch der Phosphorsäuregehalt der Ackererde, die ja durch die Verwitterung der Gesteine entstanden ist, erklärt, so führe ich im Nachfolgenden die über das Vorkommen der Phosphorsäure bis jetzt bekannt gewordenen Daten an. Vorher bemerke ich noch, daß die in den weiter unten genannten Gesteinen u. s. w. enthaltene Phosphorsäure nicht immer in der Form von Apatit in den Gesteinen vorkommt, sondern öfters auch organischen Ursprungs ist.

Da aber die specielle Form, in welcher die Phosphorsäure hier vorkommt, aus den Angaben nicht immer genau zu erkennen ist, und es hier ja auch vor Allem nur darauf ankommt, das allgemeine Vorkommen der Phosphorsäure zu zeigen, so stelle ich hier die mir bekannten Angaben zusammen.

Der erste, welcher in den Felsarten Phosphorsäure nachwies, war **F o n e s**, der seine Untersuchungen im Jahre 1844 machte.

Er untersuchte zuerst die Porzellanerde in Dartmoor (Devon), welche durch Verwitterung des Feldspaths aus Granit entstanden ist, und fand in diesem Kaolin deutliche Spuren von Phosphorsäure; ferner untersuchte er dann folgende Felsarten, in welchen allen er Phosphorsäure nachwies.

- α. in der Lava vom Rhein; in Keulen als Baustein benützt,
- β. im weißen Trachyt vom Drachenfels,
- γ. in der Lava vom Vesuv,
- δ. im Basalt von Cavendale in Derbyshire,
- ε. im Basalt von Dudley,
- ζ. in der alten Porphyrlava mit vielen Hornblende-Krystallen vom Vesuv, und
- η. im Tuff vom Vesuv.

K e r s t e n bestritt darauf das Vorkommen der Phosphorsäure, dagegen fand **D e c k** im Basalt von Eschwege, in dessen Nähe auch **K e r s t e n** seine Proben entnommen hatte, sowie in den Hornblendefelsen von Arendal Phosphorsäure.

N e s b i t wies ferner in einigen Mergelproben der obersten Grünsandstein-Formation 2,31 % Phosphorsäure nach.

S c h r a m m fand in einigen Kalksteinen von Württemberg kleine Mengen von Phosphorsäure, nämlich 0,064—0,176 %.

Ferner untersuchte **F a i s t** andere Kalksteine und fand Phosphorsäure: im Jurakalk von Unterkochen, im Dolomit von Jaxtfeld, im Liaskalk von Mohr bei Baihingen, im Juramergel vom Geislinger-Steig, im Keuperkalk von Weinstieg, im Jurakalk von Hunderfingen, im Amalthrenthon von Tesingen bei Kirschheim, im oberen Posidomienschiefer von Ohmden, im thonigen Kalkstein von Blaubeuren und im thonigen Muschelkalk von Zoffenhäusen.

B e r g e m a n n fand in der Lava von Niedermendig 1,8 % Phosphorsäure; **S u l l i v a n** wies dieselbe nach im Granit, Gneiß, Glimmerschiefer und Chloritschiefer vom Odenwalde und im Mugitporphyr und Basalt von Giant's-Causeway.

Dann ist das allgemeine Vorkommen der Phosphorsäure von **T h o m s o n**, der sie in allen von ihm untersuchten Gesteinen fand, nachgewiesen. **H. N o s e** zeigte ferner ihre Anwesenheit in Infusorien-Ueberresten und **W a y** in englischen Bildungen; so fand er in einem grünen Mergel 3,8 %.

Nach **S e n f t**'s Angabe ist sie ferner im Muschelkalk aus Dolomit, aus der Gegend von Fulda, im Klingstein und Mugit des Rhöngebirges, im Glimmer, im Spessart u. s. w. enthalten.

D e h é r a i n hat ferner das Vorkommen der Phosphorsäure in verschiedenen Kalkerden Frankreichs dargethan, in denen die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia enthalten sein soll; so fand er:

im Kalktuff von Quillie	1,200 %
im Mergel von Beaufour, Arrondissement von Pont l'Évêque	1,450 %
im Kalk aus reinem Bruch im Departement la Manche	1,218 %
im Tanguet Nr. 1, Departement la Manche	1,650 %
und im Tanguet Nr. 2, ebendasselbst	1,639 %

H a n d t k e untersuchte noch mehrere im Königreich Sachsen in der Umgegend von Penig und Tharand vorkommende Gesteine auf Phosphorsäure und erhielt hierbei folgende Resultate:

Fünf Urgebirgsarten aus der Umgegend von Penig enthielten an Phosphorsäure:

Feldspath aus Rochsburg	Gneiß aus Gerbisdorf	Granulit aus Penig	Granit aus Hellsdorf	Granitsand aus Burgstädt
1,7 %	0,78 %	1,63 %	0,58 %	0,68 %

In 8 Gesteinen aus der Umgegend von Tharand wurden an Phosphorsäure gefunden:

Basalt des Landgebirges	1,11 %
Metaphyr des Plauenschen Grundes.	0,30 %
Syenit ebendasselbst	0,10 %
Gneiß aus Tharand	0,25 %
Felsit aus Tharand	0,21 %
Thonschiefer aus Tharand	0,76 %
Thonsteinporphyr aus Tharand	0,43 %
Kalkstein aus Schweinsdorf	0,51 %

Th. Petersen untersuchte auch mehrere Felsarten und fand:	
in dem Diabas vom Ddenbacher Weg bei Weilburg	0,64 % Phosphorsäure = 1,57 % Apatit
" " Hyperit aus dem Bahntunnel bei Weilburg	0,36 % Phosphorsäure = 0,88 % Apatit
" " Basalt von Rosßdorf	1,32 % Phosphorsäure = 3,23 % Apatit
" " Anamesit von Steinheim	0,44 % Phosphorsäure = 1,06 % Apatit
" " Dolerit vom Meißner	1,21 % Phosphorsäure = 2,96 % Apatit

Ferner ist von J. Reßler und E. Muth in einer großen Anzahl von Doleriten (40) — hier 0,03—1,1 % —, Trachyten (5) — hier 0,36—0,66 %, Phonolithen (2) — hier 0,16—0,24 % — dann in einem Kalk — 1,39 % — und einem Leucitporphyr 0,07 % Phosphorsäure nachgewiesen worden.

W. Fleisemann untersuchte 8 Gesteine aus dem von Gaultschichten durchsetzten Gebirge West-Allgäu's und fand 0,2—19,8 % Phosphorsäure.

F. H. Storer und J. A. Henshan analysirten eine große Anzahl Gesteine Neu-Englands — 38 — und wiesen in 11 Arten Schiefer 0—0,3 %, 7 Arten Trapp 0,13—1,19 %, 4 Arten Syenit 0,04—0,06 %, 7 Arten Granit 0,13—1,19, 8 Quarzgesteinen 0,03—0,04 und 1 Seifenstein 0,16 % Phosphorsäure nach.

Schließlich habe ich in allen von mir untersuchten Mergeln aus Pommern, Rügen, Mecklenburg, West- und Ostpreußen, Phosphorsäure und zwar oft in nicht unbedeutenden Mengen gefunden.

Aus diesem so eben geschilderten Vorkommen kann man gewiß mit Recht den Schluß ziehen, daß die Phosphorsäure ganz allgemein verbreitet ist.

Auf der folgenden Tabelle stelle ich einige Analysen der verschiedenen eben näher beschriebenen Apatite zusammen.

	Hygroscopisches und chemisch gebundenes Wasser	Phosphorsäure	Kalkerde	Chlorcalcium	Fluorcalcium	Magnesia	Phosphorsaures Eisenoxyd und phosphorsaure Thonerde	Alkalien	Thonerde	Eisenoxyd	Kohlensäure	Natürliche Silikate, resp. Kieselsäure	3 CaO PO ₅ nach der PO ₅ berechnet	
Späthit von Rageroe, roth gefärbt	0,83	41,88	53,45	1,61	—	—	0,66	—	—	—	—	1,24	90,74	Boefter.
Späthit von Rageroe, von heller, fast weißer Farbe	0,50	42,28	53,35	2,16	—	—	0,92	—	—	—	—	0,99	91,60	do.
Späthit von Snarum	—	41,54	53,46	4,17	3,07	—	—	—	—	1,79	—	—	90,66	Stöber.
Phosphorit von Smberg	1,31	42,16	48,16	—	—	0,75	—	0,06	—	1,56	2,21	4,97	89,43	Strober.
Phosphorit vom Siebengebirge	1,65	37,33	47,50	—	—	2,70	—	—	3,28	—	2,20	3,50	81,50	Stühme.
Phosphorit von Ganau	2,28	36,88	49,41	—	—	0,47	—	1,38	0,93	1,85	1,81	4,50	80,51	Stück.

	Wasser	Organische Substanz	Phosphorsäure	Kalkerde	Eisenoxyd	Magnesia	Eisenoxydul	Chlorcalcium	Fluorcalcium	Silikate	Alkalien	Kohlenflure	Phosphorsäure Kalkerde nach der Phosphorsäure berechnet
Phosphorit aus Spanien	0,68	—	36,36	42,68	—	—	—	—	—	11,47	—	—	78,79
dito.	—	—	34,83	42,82	—	0,11	—	0,42	—	18,91	—	—	76,00
Phosphorit von Görde	1,90	9,93	19,41	24,20	1,27	1,27	13,17	—	—	13,72	—	—	42,37
derselbe	0,83	6,50	21,00	19,50	—	0,64	12,42	—	—	28,68	Spur	8,71	45,84
Phosphorhaltiger Schiefer a. der Steinformation bei Görde in Westphalen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Spatit v. Gurdston (New-York)	—	3,47	19,69	24,07	—	—	18,77	—	—	21,70	—	12,30	42,98
dito.	—	—	43,28	53,50	—	—	—	—	Spur	0,29	—	—	96,78
Phosphorit aus Nassau*)	1,65	—	42,33	50,07	0,04	—	—	0,54	Fluor 2,46	—	—	—	92,40
dito.	0,84	3,35	36,78	53,30	—	0,19	—	—	1,05	1,05	0,45	4,25	80,29
dito.	0,84	3,35	28,51	38,68	9,96	1,52	—	nicht best.	11,01	11,01	nicht best.	—	62,24

*) Weitere Analysen im 2. Bande.

§ 154.

2. Coprolithen und Osteolithen.

Versteinerungen der Excremente und Knochen vorweltlicher Thiere werden oft in nicht unbedeutenden Mengen in den jüngeren Formationen gefunden, und zwar: im Diluvium, in der Jura-, Liass-, Keuper-, Muschelkalk-, Bunt-Sandstein-, Zechstein-Formation, der Formation des rothen Todtliegenden und der Steinkohlenformation. So kommen in mehreren Grafschaften Englands, wie Norfolk, Essex, Dorset, Suffolk, York, Cambridge u. s. w. enorme Mengen Coprolithen, Knochenfragmente, Zähne u. s. w. von Fischen und Reptilien vor.

In Betreff der Suffolk-Coprolithen ist noch anzuführen, daß die im Suffolk-Trag vorkommenden phosphorsäurehaltigen Materialien vorherrschend nicht, wie man früher annahm, fossile Excremente von Sauriern sind, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach kalkhaltige Kiesel (calcareous pebbles), welche einer besonderen Metamorphose unterworfen und durch andauernde Berührung mit thierischen und pflanzlichen Ueberresten mit Phosphorsäure imprägnirt worden sind; deshalb giebt ihnen Buckland den Namen „Pseudo-Coprolithen“, ein Name, welcher wissenschaftlich allgemein angenommen ist. — Ferner werden in dem Trag noch viele Fossilien gefunden, welche aus Knochenüberresten des Wallfisches und anderer Thiere, sowie aus Fischzähnen u. s. w. bestehen.

Coprolithen (resp. Osteolithen) finden sich ferner noch in Deutschland (in Braunschweig, Hannover), im bituminösen Schiefer Böhmens, bei Rothenburg an der Tauber, der Schweiz (bei Basel) u. s. w.), in Frankreich (Ardennen) und Rußland (bei Papowka nicht weit von Kursk).

In der folgenden Tabelle pag. 516 und 517 habe ich einige der bis jetzt bekannten Analysen von Coprolithen zusammengestellt.

§ 155.

3. Guanoorten.

Alle Guano zeichnen sich durch ihren größeren oder geringeren Gehalt an Phosphorsäure aus und ihr Werth als Dünger wird theils durch dieselbe, theils fast allein durch sie bedingt. Da die Beschreibung der Guanoorten im zweiten Bande erfolgen wird, so sei hier nur erwähnt, daß die folgenden Guanoorten vor Allem dem Gehalte an Phosphorsäure ihre Anwendung verdanken: Baker-, Jarvis-, Howland-, Enderbury, Malden-, Raza-, Starbuck-, Curacao-, Sombrero-Insel-, Ma-

racaiño= oder Monks=, Bolivianischer=, Kooria=Mooria=, Lion=, Carrière=, Pacific=, Mejillones=, Navassa-Guano u. s. w.

§ 156.

4. Die Knochen.

Auch die Beschreibung der Knochen wird zugleich mit der Art der Anwendung derselben im zweiten Bande ihren Platz finden, weshalb hier nur erwähnt zu werden braucht, daß dieselben aus dem stickstoffhaltigen Knorpel, Fett, phosphorsauren und kohlensauren alkalischen Erden, Fluorcalcium und geringen Mengen Alkalisalzen bestehen und daß ihre Zusammensetzung sowohl nach der Thierart als auch nach dem Alter der Thiere variirt.

§ 157.

5. Die phosphorsäurehaltigen Mineralien.

Um die Beschreibung des Vorkommens der Phosphorsäure so vollständig als möglich zu geben, muß ferner noch einer Anzahl von Mineralien Erwähnung geschehen, wenn gleich auch ihr Vorkommen, so viel bis jetzt bekannt, nur ein seltenes ist. Die Kenntniß derselben ist aber aus dem Grunde sowohl nothwendig als auch interessant, weil sie das Bild über die Verbreitung der Phosphorsäure vervollständigen und einen Beitrag zur Erklärung des allgemeinen Vorkommens derselben in der Ackerkrume liefern.

Da aber, wie schon erwähnt, das Vorkommen derselben im Allgemeinen ein seltenes ist, so mag hier eine kurze Anführung der bekanntesten ohne weitere nähere Beschreibung genügen.

Zu nennen sind hier:

Blaueisenerde (vorherrschend aus phosphorsaurem Eisenoryd und Eisenorydul bestehend), Raseneisenstein (phosphorsaures Eisenoryd und Manganorydul), Vivianit (phosphorsaures Eisenorydul), Grüneisenstein (phosphorsaures Eisenoryd und Eisenorydul), Eisenapatit (phosphorsaures Eisen- und Manganorydul mit Fluormetall), Triphyllin und Triplit (beide vorherrschend phosphorsaures Eisen- und Manganorydul), Calcoferrit (Phosphorsäure mit Eisenoryd und Kalkerde), Delbaurit (ebenso), Bawellit (phosphorsaure Thonerde), Kalait, Reganit, Evansit, Hauerit, (phosphorsaure Thonerde, theils mit wechselnden Mengen von Hydraten der Kalkerde, des Eisenorydul u. s. w.), Bruschit (phosphorsaure Kalkerde), Pyromorphit (phosphorsaures Bleioryd und Chlorblei), Glit und Phosphorcalcit (phosphorsaures Kupferoryd), Uranit (Phosphorsäure an Uranoryd und Kalkerde gebunden).

Benennung der Coprolithen	Wasser	Organische Substanz	Eisenoxyd	Khonerde	Kalkerde	Magnesia	Kali	Stron
Cambridge = Coprolithen	4,01	—	1,87	2,57	45,39	0,48	0,84	0,73
Suffolk = Pseudo-Coprolithen	2,53	—	4,81	3,72	38,20	1,34	0,56	0,18
Fragment eines Saurio-Coprolithen aus Dorsetshire	9,36	—	2,46		44,47		—	—
Fisch = Coprolithen aus dem südlichen Wales.	1,40	—	7,47	5,70	23,49	—	—	—
Coprolithen aus Böhmen; Starckenbach	—	74,03	—	—	12,26	1,31	—	—
Coprolithen aus Böhmen; Kostitz	1,76	11,01	1,00	—	34,66	6,41	0,49	—
Französische Coprolithen	4,70 bis	0,20	16,90	—	32,50 bis	—	—	—
Französische Coprolithen	10,33	0,20	16,90	—	44,54	—	—	—
Osteolithen aus Fifeshire	2,70	—	2,07	2,30	35,42	4,69		
Osteolith von Eichen in der Wetterau	2,34	—	—	—	54,00	—	—	—

Phosphor- säure	Schwefelsäure	Chlornatrium	Kohlenäure	Fluor und Berluft	Phosphorsäure Kalkerde nach der Phosphor- säure berechnet	Kohlenäure Kalkerde nach der Kohlenäure berechnet	Silikate und Kieselsäure	Name der Analytiker.
26,75	1,06	Spur	5,13	4,95	57,12	11,66	6,22	Voelker.
24,24	1,40	0,07	5,37	4,31	52,52	12,20	12,27	derselbe.
22,23	Spuren		15,94	1,38	48,53	36,22	2,11	Herapath.
15,40	—	—	16,54	—	33,62	37,60	18,80 u. Fluor- calcium	derselbe.
6,99	—	1,96	3,45	—	15,25	4,57	—	Neuff.
18,50	4,48	0,08	6,98	—	40,4	15,86	14,63	R. Hoffmann.
12,12	—	—	4,90	—	26,40	11,60	18,80 bis	Dugléré und Dehérain.
bis 22,00	—	—	bis 7,33	—	43,03	16,70	25,66	dieselben.
25,32	—	—	6,98	14,67	55,70	15,87	—	Brunnius.
39,97	—	—	2,51	2,40	87,25	5,70	—	Church.

Zu den Angaben in Betreff der Bestandtheile der angeführten Mineralien ist noch zu bemerken, daß nur die wichtigsten derselben angegeben sind.

§ 158.

Anhang.

Als Anhang zu diesem Kapitel gebe ich eine Anzahl Gesteins-Analysen, alphabetisch geordnet.

	Silicium	Eisenoxyd	Eisenoxydul	Thonerde	Kalk	Magnesia	Natrium	Strontium	Phosphorsäure	Manganoxyd	Manganorg. Stoffe	Analysirter.
Basalt v. Regelhaus b. Karlsbad ¹⁾	33,79	7,94	15,97	14,41	5,28	9,55	2,77	3,46	1,01	—	6,90	Stammelsberg.
do.	55,16	—	10,12	7,42	13,60	12,68	0,36	0,66	—	—	—	berf.
Basalt (Magma-) des Pfannhügels bei Ehlumcan in Böhmen	44,04	3,38	9,09	15,31	10,33	11,05	1,69	1,97	0,50	—	2,94	Winter und Will.
Diorit von Willmedobel bei St. Peter	41,84	12,77	3,71	17,51	11,16	3,63	0,82	3,45	0,50	—	3,56	S. Hanamann.
Diorit v. Gulachhof bei St. Peter	48,40	7,50	—	27,70	9,20	—	1,50	4,90	0,69	—	1,60	(0,88 Kohlenäure)
Dolomit von Echlößgrund bei Dypenau	48,50	9,54	—	19,00	12,30	2,60	1,90	5,20	1,24	—	0,69	Steffler.
Dypenau	1,06	10,76	—	—	30,96	14,89	—	—	—	—	0,52	berf.
Gneiß von Echlößach	60,00	8,94	—	19,92	0,47	0,73	5,29	3,25	0,18	—	—	Steffler und Drigel.
Gneiß von Altglaschütte	54,76	9,45	—	24,73	0,58	0,42	5,48	2,95	0,26	—	—	berf.
Gneiß	74,39	—	—	*)20,02	0,62	0,43	2,96	1,32	1,51	—	—	Steffler und Muth.
Gneiß bei Löcherberg, schieferig ³⁾	58,98	5,85	1,00	23,24	5,65	1,19	1,31	2,62	—	—	0,76	berf.
Gneiß bei Löcherberg, körnig ³⁾	65,63	2,64	2,12	21,92	3,09	0,30	1,32	2,13	—	—	1,10	berf.
Gneiß von Bierbach	76,91	2,01	—	15,13	0,71	0,59	1,49	2,69	—	—	1,02	berf.
Granit von Altglaschütte	61,89	7,70	—	17,19	0,90	0,48	5,34	3,98	0,25	—	—	Steffler und Drigel.
Granit von Düttelbach ⁵⁾	72,21	1,53	—	17,95	0,48	0,34	3,81	3,53	—	—	0,45	Steffler.
Granit von Echlößbach ⁵⁾	67,09	3,43	—	18,00	1,57	1,64	5,34	2,21	—	—	0,66	berf.
Granit von Echlößach	76,32	3,98	—	9,08	0,78	0,49	5,60	2,95	0,16	—	—	Steffler und Drigel.
Granit von Dypenau	71,42	4,33	—	15,10	2,18	0,55	4,16	1,82	0,09	—	0,57	Steffler.
Granit von Wittweida	68,17	2,32	—	16,34	0,89	0,55	6,66	3,41	—	—	0,96	S. Lemberg.
do.	72,20	2,15	—	14,14	0,67	0,22	5,97	2,98	—	—	0,96	berf.
Granit von Waldheim	73,00	1,74	—	15,04	0,73	0,41	5,23	3,49	—	—	0,94	berf.

Granit von Waldhülm	76,12	1,28	—	13,42	0,34	0,19	4,89	3,10	—	—	—	1,06	S. Lemberg.
Granitporphyr von Altenberg	67,10	8,70	—	12,10	2,50	1,60	5,30	0,60	—	—	—	0,60	Baronowstj.
Granitporphyr von Deucha	66,30	7,00	—	15,40	2,30	1,50	4,40	3,50	—	—	—	0,80	berf.
Graphit-Granat-Gneiß, vom Künjgthaler Gneißgebiete ⁶⁾	44,53	3,38	12,60	17,55	3,36	5,68	3,54	3,60	0,17	—	—	1,66	Gebenfreit.
Grünland aus der Gegend von Hamm	58,17	—	18,75	10,09	—	3,37	3,37	—	Spur	—	—	6,28	v. d. Markt.
Grünland von New Jersey	53,26	—	24,15	3,85	1,70	5,36	5,36	1,60	—	—	—	10,12	berf.
Grünstein, sogenannter, dunkel-ladgrün	59,87	—	14,88	11,21	5,87	—	5,09	—	—	—	—	2,54	Soddmuth.
Lava v. Schjorå (älderer Strom) ⁷⁾	49,60	—	11,92	16,89	13,07	7,56	0,20	1,24	—	Spur	—	—	Gerth.
Lava v. Håls (jüngerer Strom) ⁷⁾	55,92	—	15,18	15,08	6,54	4,21	0,95	2,51	—	do.	—	—	berf.
Lava von Esrahors (noch jünger, von brauner Farbe) ⁷⁾	60,06	—	11,37	16,59	5,56	2,40	1,45	3,60	—	do.	—	—	berf.
Lava von 1845 ⁷⁾	56,68	—	13,93	14,93	6,41	4,10	1,07	3,46	—	do.	—	—	berf.
Lava aus dem Nies in Mittel-franken	62,68	0,37	0,90	12,36	4,82	3,84	4,19	2,70	1,21	—	—	3,92	Grüchinger.
Lava, graue, poröse, von 1811 ⁸⁾	46,48	4,68	5,00	22,66	5,75	1,48	8,94	1,99	—	—	—	0,19	Stammelsberg.
Lava von 1855, Leucitförner enthaltend	50,32	3,59	7,59	15,49	7,07	3,71	8,93	2,30	—	—	—	—	berf.
Lava, schwarze, höchst poröse von dem kleinen Strom von 1855 ⁹⁾	47,46	3,70	6,30	19,29	8,07	3,74	7,79	2,67	—	—	—	—	berf.
do.	44,88	nicht berf.	9,84	21,29	8,92	5,21	8,36	2,07	—	—	—	—	berf.
Muschelkalk von Ebersteinburg	6,49	0,37	—	0,82	49,63	1,00	0,56	0,43	—	—	—	0,22	Neßler.

¹⁾ + 0,10 % Strontiumoxyd. ²⁾ Außerdem waren in dem Basalte nachgewiesen: 0,18 % Kohlenäure, 4,75 % Titanäure, Schwefelmetalle der Blei- und Arsengruppe 0,44 %³⁾ enthalten Spuren von Titanäure und von Baryt. ⁴⁾ incl. Eisenoxyd. ⁵⁾ enthalten Spuren Baryt. ⁶⁾ + 0,29 % Schwefel, sowie 4,33 % Graphit. ⁷⁾ außerdem Spuren von Kohlenäure und Nickeloxyd. ⁸⁾ + 0,56 % Kupferoxyd. ⁹⁾ + 0,45 % Titanäure und 0,24 % Gylor.

	Stieseläure	Eisenoxyd	Eisenoxydul	Thonerde	Kalk	Magnesia	Natri	Stratton	Phosphorsäure	Manganoxyd	Manganoxydul	Wasser und org. Stoffe	Analysirter.
Porphyry von Antogast, begonnen zu verwittern . . .	74,46	2,65	—	13,38	0,22	0,24	5,19	2,68	—	—	—	1,32	Messler.
Porphyry von Edelfrauengrab, fast ganz unverwittert	75,73	1,68	—	15,33	—	0,30	3,60	0,23	—	—	—	3,05	ders.
Porphyry bei Sulzbach . . .	75,09	0,91	—	16,86	0,52	0,09	4,97	0,66	—	—	—	0,83	ders.
Porphyry v. Typholms bei Strizhania, Grundmasserauchgrau, in's Rothbraune ziehend	55,29	—	9,46	18,78	3,14	3,48	8,68	—	—	—	—	1,17	Delesse.
Porphyry, grüner, antiker	53,55	—	7,55	19,43	8,02	7,93	—	—	—	—	0,85	2,67	ders.
Porphyry, Gelbe, schmutziggelb	66,19	—	6,46	13,43	0,46	2,36	5,08	2,56	—	—	—	2,57	Schmuth.
Porphyry von Martinschacht, Grundmasse dunkelbraun, in's Braungelbe, Grüne u. Blaue	64,25	—	8,63	12,64	2,50	1,14	4,33	2,60	—	—	—	1,15	ders.
Porphyry v. Martinschacht, lichtgrüne Abänderung	61,50	—	11,89	13,78	1,20	1,58	7,39	—	—	—	—	2,66	ders.
Porphyry von Ternuay	49,20	2,40	—	23,60	8,10	5,70	3,30	3,60	—	—	0,40	3,00	Delesse.
do.	49,20	2,00	—	25,40	7,10	4,60	3,70	3,90	—	—	0,50	3,00	ders.
Porphyry . . .	74,43	—	—	18,52	0,84	0,33	1,35	4,80	0,26	—	—	—	Messler und Muth.
Porphyry, festes Gestein v. grauweißer Farbe von Mutdenstein	77,48	2,83	—	17,10	0,38	0,10	1,03	0,13	Spur	—	0,84	—	G. Reichardt.
Quarzporphyry bei Predazzo	73,91	2,32	—	13,04	0,80	0,60	5,01	2,45	—	—	—	0,81	S. Lemberg.
Quarzporphyry von Montreuilon	71,70	2,90	—	15,00	0,40	8,80	—	—	—	—	—	1,20	Delesse.
Quarzporphyry v. Saulieu Côte d'or	77,50	2,50	—	12,90	0,40	5,90	—	—	—	Spur	—	0,80	ders.

Epflit von Saucogny, ein wahrer Mandelfeinporphyr, grün, violet bis schwärzlich, vollkommen homogen, krySTALLINISCH körniger Structure	54,42	—	9,44	20,60	3,64	3,87	0,94	4,98	—	—	0,93	1,47	Deleffe.
Ehenit aus Aegypten.	70,25	2,50	—	16,00	1,60	9,00	—	—	—	—	—	0,65	berf.
Ehenit von Ballon d'Alsace	70,74	2,21	—	14,34	2,74	1,97	3,87	3,07	—	—	—	1,14	berf.
Ehenit von Bogesen	67,49	3,98	—	13,28	3,95	3,74	3,55	2,73	—	—	—	1,28	berf.
Ehenit	70,03	2,85	—	13,21	3,88	2,93	3,09	2,90	—	—	—	1,17	berf.
Eracht von Gleichenberg, von ziemlich grüner Farbe	57,17	—	8,50	16,90	6,30	1,90	3,90	1,00	—	—	Spur	3,38	Mortot.
Eracht aus Wölferdingen im Westerwald ¹¹⁾	59,87	0,32	2,52	22,52	2,50	0,46	4,42	5,78	0,30	—	0,13	2,24	Gilger und Strauch.
Erast aus der Gegend von Nordlingen in Bayern	65,15	5,10	—	10,85	2,35	7,85	5,25	1,57	—	—	—	1,95	Baier.
Eruramingranit	71,56	2,79	—	13,66	0,83	0,23	5,23	3,77	—	—	—	0,82	S. Gemberg.
Uebergangsfchiefer aus der Nähe des Porphyr	52,70	—	34,00	—	2,40	—	7,50	—	—	—	—	3,40	Deleffe.
do.	60,80	—	29,60	—	0,50	—	4,20	—	—	—	—	4,90	berf.
do.	62,70	—	26,00	—	0,80	—	6,00	—	—	—	—	4,50	berf.
do.	60,00	—	30,00	—	0,50	—	4,20	—	—	—	—	5,00	berf.
Wacke, porphyrtartige, dunkel=lauchgrün, Berchtesgaden ¹²⁾	40,75	18,75	—	16,15	—	11,42	5,50	—	—	—	—	6,30	Schaffhäuse.
Wacke, porphyrtartige, berggrün, Berchtesgaden ¹³⁾	50,40	14,10	—	14,13	—	10,00	5,32	—	—	—	—	5,28	berf.

¹⁰⁾ + Eisenoxyd. ¹¹⁾ Beimengungen waren ferner: Chlor, Schwefelsäure, Spuren von Lithium, Barium, Strontium. ¹²⁾ + 1,35% und ¹³⁾ + 0,74% Uranoxyd. ¹⁴⁾ kein Eisenoxydul.

Kapitel II.

Verwitterung der Gesteine und Mineralien.

§ 159.

1. Die Gesteine sind meistens aus mehreren Mineralien zusammengesetzt.

Die im vorigen Kapitel beschriebenen Mineralien bilden meistens nicht für sich größere Felsmassen, sondern sind, wie schon angegeben, Gemengtheile der Gesteine, aus denen unsere Erde besteht.

Da nun die Verwitterungsfähigkeit der einzelnen Mineralien eine verschiedene ist, indem das eine Mineral den Verwitterungs-*Factor*en weit mehr Widerstand als ein anderes entgegensetzt, so trägt der Umstand, daß mehrere Mineralien ein Gestein bilden, außerordentlich zum Zerfall derselben bei. Würden größere Felsmassen stets nur aus einem Mineral bestehen, und wäre die Verwitterungsfähigkeit der Gesteine dieselbe, so würde die Verwitterung viel langsamer vor sich gehen, wie es der Fall ist.

Nach *G. Rose* besteht z. B. der Granit in seinen Hauptbestandtheilen aus weißem, sehr selten röthlich-weißem oder fleischrothem Orthoklas, Quarz, weißem Kaliglimmer, schwarzem Magnesiaglimmer und geringen Mengen von Oligoklas, welchen sich als unwesentliche Gemengtheile noch Hornblende, Orthit, Titanit, Apatit und Eisenkies zugesellen. Der Syenit enthält als Hauptgemengtheile: rothen, bräunlich-rothen oder auch weißen Orthoklas, vorherrschend bräunlichen Oligoklas, graulich-schwarze Hornblende und Quarz. Der Andesin im Syenit der Vogesen ist nach *Rose* zersezter Oligoklas. Außer diesen Hauptbestandtheilen finden wir im Syenit als gewöhnliche Beimengung Titanit, Apatit, Magnetisenerz, seltener Zirkon, Nephelin, Polymignit u. s. w. Der Porphyr hat als Hauptgemengtheile: Orthoklas, Oligoklas, Quarz und Magnesiaglimmer und eine Grundmasse, welche ein sehr feines, inniges Gemenge derselben Mineralien zu sein scheint; als unwesentliche Gemengtheile kommen in demselben der Cordierit, (zu Pinit zersezter) Granat, Orthit und Eisenkies vor. Der Syenitporphyr enthält in einer Grundmasse, die Krystalle von Orthoklas, Oligoklas, Magnesiaglimmer

und Hornblende eingeschlossen; die Grundmasse ist von verschiedener Farbe — bräunlich-roth, röthlich-grau bis graulich-schwarz — mit feinsplitterigem bis unebenem Bruch. Als unwesentliche Gemengtheile finden wir in dem Syenitporphyr, Granat, Nephelin, Titanit, Quarz, Magnet Eisen, Eisenglanz und Eisenkies. Die Hauptgemengtheile kommen hier aber nicht immer vor, was die Ursache der großen Verschiedenheit der Syenitporphyre ist.

Die Art der Zusammensetzung der einzelnen Gesteine, welche unsere Erde bilden, ist, wie schon ausgesprochen, für die Verwitterung derselben sehr wichtig. Die zeolithartigen Mineralien zersetzen sich bedeutend leichter, als die wasserfreien Silikate; von diesen widerstehen den Factoren der Verwitterung die Glimmerarten weit mehr als die Feldspäthe; niedrige Oxydationsstufen der Schwermetalle und Schwefelmetalle werden leicht oxydirt und tragen dadurch zum Zerfall der Gesteine, in denen sie enthalten sind, viel bei.

2. Allgemeine Betrachtung über den Zerfall der Gesteine.

Denken wir uns zunächst ein Gestein — einen Fels — mit vollständig glatter Oberfläche und auf dasselbe die Factoren der Verwitterung — Wasser und Luft, mit den in beiden enthaltenen Bestandtheilen — einwirken, so würde, wenn dasselbe aus einem schwer sich zersetzenden Mineral bestünde, die Verwitterung äußerst langsam vor sich gehen. Besteht jedoch das Gestein, welches die Felsmasse bildet, wie es meistens der Fall ist, aus mehreren Mineralien, so wird der Vorgang der Zerklüftung und Verwitterung desselben, etwa wie folgt, sein.

Die zeolithartigen Mineralien, die Eisenoxydul, Manganoxydul enthaltenen Verbindungen, sowie die Schwefelmetalle, dann die vor allem Kalk führenden Silikate werden zuerst den Einwirkungen der Verwitterungs-Factoren verfallen. Hierdurch entstehen auf dem Gesteine Unebenheiten, kleine Risse und Oeffnungen, wodurch dem Wasser, der Kohlensäure u. s. w. eine größere Oberfläche für ihre Thätigkeit geboten wird. In diesen kleinen Vertiefungen, Rissen u. s. w. sammelt sich ferner Wasser an, die Winterkälte läßt dasselbe gefrieren, und da es sich beim Gefrieren ausdehnt, so bewirkt es eine weitere Zerklüftung des Gesteins. Ferner trägt die Luft zu dem Felsen Samen der verschiedensten Pflanzen, fallen diese in solche kleine Vertiefungen und Unebenheiten, so bleiben sie liegen, keimen und entwickeln sich weiter, sobald sie die nothwendigen Bedingungen für ihre Vegetation finden. Die Würzelchen dringen in die kleinen Spalten

und Risse ein, entnehmen vermittelt gewisser Ausscheidungen aus den Mineralien ihre Nahrung, wodurch sie auf chemischen Wege die Zersetzung derselben befördern. Bei weiterem Wachsen der Pflanzen und dem Stärkerwerden der Wurzeln tragen sie dann physikalisch zu weiterer Zerklüftung des Gesteins bei. Dies hier eben Beschriebene findet naturgemäß nicht in einem oder in wenigen Jahren statt, sondern dazu gehören eine große Reihe von Jahren. Je weiter die Zerklüftung der Gesteine durch Wasser und Pflanzen vor sich geht, um so weiter und in so größerer Menge können beide eindringen und ihr Werk der Zerstörung in um so größerem Maßstabe fortsetzen.

Erwähnt muß hier noch werden, daß durch größere Naturereignisse oft in einem Tage mehr zur Zerklüftung der Gesteine beigetragen wird, als durch die oben geschilderten Einflüsse in Jahrzehnten, so z. B. durch Erdbeben, vulkanische Eruptionen und Ueberschwemmungen. Je mehr die Gesteinmassen zerklüftet werden, um so größer wird die Oberfläche, welche den Verwitterungs-*Factor*en zum Angriffe geboten wird und um in so höherem Grade und mit um so größerem Erfolge können diese ihre Arbeit fortsetzen.

3. Verwitterung der Mineralien.

§ 160.

A. Die einzelnen *Factor*en der Verwitterung.

Außer den bereits in der obigen Betrachtung genannten physikalischen Einflüssen, welche den Zerfall der Gesteine und Mineralien bewirken, sind als die wichtigsten *Factor*en, welche chemisch die Verwitterung und Zersetzung der Mineralien und Gesteine verursachen, Wasser und Luft, mit den in beiden enthaltenen Stoffen, vor allem Kohlensäure und Sauerstoff, dann aber auch Ammoniak und Salpetersäure, zu nennen.

Wenn im Folgenden versucht werden soll, den Antheil, welchen die einzelnen *Factor*en an der Verwitterung der Mineralien nehmen, zu beschreiben, so muß noch besonders hervorgehoben werden, daß in der Natur die einzelnen Verwitterungsursachen nie für sich allein wirken, sondern daß ihre Thätigkeit stets eine gemeinschaftliche ist.

a. Das Wasser.

α. Chemische Aufnahme von Wasser. — Hydratbildung.

Es ist schon mehrfach früher erwähnt worden, daß die wasserhaltigen Mineralien bedeutend leichter löslich sind, als die wasserfreien. Die obige Beschreibung der Mineralien hat uns nun z. B. die Feldspäthe als wasserfreie Verbindungen kennen gelernt, nichtsdestoweniger finden wir in vielen Feldspäthen Wasser vor, was Delesse zu der Behauptung veranlaßte, daß dieselben ursprünglich Wasser enthielten, eine Behauptung, welche von Rammelsberg mit Recht bestritten wird. Das Vorhandensein von Wasser in den Feldspäthen erklärt sich sicherlich viel besser durch die Annahme, daß dasselbe später von denselben aufgenommen ist, wofür der verschiedene Gehalt an Wasser, der gefunden worden ist, und die Thatsache spricht, daß die ältesten Gesteine am wenigsten davon enthalten. Halten wir diese Annahme fest, so sehen wir, daß durch langsame Aufnahme von Wasser, allmählich eine Metamorphose der Gesteine herbeigeführt wird. — Das in den Feldspäthen u. a. gefundene Wasser ist, wie wohl kaum bemerkt zu werden braucht, nicht alles chemisch gebundenes, sondern ein Theil desselben ist hygroskopisches Wasser. Diese allmähliche Wasseraufnahme und dadurch herbeigeführte Metamorphose der Mineralien trägt sehr zur Verwitterung derselben bei.

Leichter zu beobachten und deutlicher wahrnehmbar, sowie in der Wirkung viel schneller ist die Hydratbildung bei denjenigen Mineralien, welche an und für sich leicht hierzu geneigt sind, z. B. beim wasserfreien Gyps.

β. Auflösung von Stoffen.

Das Wasser besitzt das Vermögen viele Stoffe aufzulösen, ja man kann sagen daß es keinen Stoff giebt, der im Wasser absolut unlöslich ist. Wenn wir gewöhnlich von löslichen, schwerlöslichen und unlöslichen Körpern sprechen, so haben wir dabei stets nur die verhältnißmäßig geringe Menge im Auge, mit der wir im Laboratorium in enghegrenzter Zeit arbeiten und wo wir dann bei denjenigen, bei denen die Wage in dem zur Lösung benutzten Wasser wenig oder nichts Gelöstes nachweist, von schwer oder unlöslich sprechen. Nehmen wir aber größere Mengen in Arbeit, so erhalten wir auch stets wägbare Mengen derselben

gelöst, die zwar procentisch sehr klein ausfallen werden, welche aber die lösende Kraft des Wassers auch auf diese Körper darthun und uns so eine Thätigkeit desselben zeigen, welche für die Gesteine nicht unwesentlich ist.

Daß aber diese Eigenschaft des Wassers und der Einfluß derselben auf das Zerfallen der Gesteine von großer Bedeutung ist, braucht kaum hervorgehoben zu werden: die gelösten Bestandtheile werden ausgewaschen und so der Zusammenhang der einzelnen das Gestein zusammensetzenden Mineralien gestört.

Die lösende und zersetzende Wirkung von reinem Wasser auf die Gesteine zeigen die Versuche von W. B. und R. C. Rogers, C. Haushofer und A. Coffa.

Die zuerst genannten Forscher behandelten Feldspath, Glimmer, Leucit, Serpentin, Gneiß, Feuerstein, Calcedon, Hornblende, Augit, Anthracit u. s. w. eine Woche lang mit Wasser und fanden, daß diese Mineralien, resp. Gesteine 0,1—0,4 % ihrer angewandten Massen an das Wasser abgegeben hatten, welche aus Alkalien, Kalkerde, Magnesia, Eisenoxyd, Thonerde und Kieselsäure bestanden.

Carl Haushofer behandelte mehrere Granite und Feldspäthe im feingepulverten Zustande 8 Tage lang mit der 25fachen Gewichtsmenge Wasser bei einer Temperatur von 12—14° C., versetzte darauf das Gestein mit etwas Salzsäure, verdampfte und bestimmte das Gewicht des Rückstandes, welchen er als Chlorverbindungen der Alkalien ansieht. Er fand nun:

A. Mit reinem Wasser.

Von 100 Grm. der angewendeten Substanz gelöst:			Mus 100000 ausgelaugtes Kali, Natron u.
1. Granit von Selb	0,085 Grm. Chloralkalien		42 Theile.
2. Ders. bei der 2. Auslaugung	0,062 " "		31 "
3. Granit vom Ochsenkopf, porphyrrähnlich	0,080 " "		40 "
	(0,079 " Chloralkalien)		
4. Ders. bei der 2. Auslaugung	0,070 " Chloralkalien		35 "
5. Granit von Unter-Rößtau, porphyrrähnlich	0,062 " "		31 "
	(0,049 " Chloralkalien)		
6. Ders., 2. Auslaugung	0,054 " Chloralkalien		27 "
7. " 3.	— " "		26 "
8. Granit von Trößtau (bei 30tägiger Digestion)	0,068 " "		34 "
9. Orthoklas von Bodenmais	0,134 " "		67 "
10. Ders., 2. Auslaugung	0,052 " "		26 "

B. Bei fortwährend bewegtem Wasser.

11. Granit von Selb	0,107 Grm. Chloralkalien	53 Theile.
---------------------	--------------------------	------------

Ähnlich wie Haushofer operirte A. Cossa und erhielt hierbei die folgenden Resultate, zu denen noch erwähnt werden muß, daß Cossa die 25fache Wassermenge 10 Tage lang bei 17—18° C. auf das feingepulverte Gestein einwirken ließ.

	Gewicht der Chlorüre
1. Gneiß, von einer Moräne zwischen Colle di Magogna und S. Daniele in Friaul, mit weißgelben Orthoklas und Kaliglimmer. Spectralprobe ergab vorwiegend Kali, deutliche Spuren von Natron, Lithion und Kalk	0,1250 ‰
2. Gneiß mit Orthoklas von Albad, Aschaffenburg	0,0866 ‰
3. Syenit (Hornblende, Orthoklas, Quarz) vom Plauen'schen Grunde bei Dresden	0,1123 ‰
4. Nesinit (Nephelin), porphyrartiger, von Monte Sieva, Euganeen. Enthält 4,133 ‰ Wasser in Verbindung und reagirt stark alkalisch	0,0562 ‰
5. Nesinit, ebendaher, mit 6,355 ‰ Wasser	0,1100 ‰
6. Nesinit vom Buschbad bei Meissen	0,0592 ‰
7. Feldspathporphyr (mit Quarzkrystallen) von Cattajo, Euganeen	0,0935 ‰
8. Perlit von Monte Sieva, mit 4,099 ‰ Wasser	0,0624 ‰
9. Perlit von Glashütte, Schemnitz in Ungarn, mit 1,355 ‰ Wasser; Spectralprobe ergab Kali vorwaltend, Spuren von Kalk, kein Lithion	0,0729 ‰
10. Phonolith, von Monte Crovi bei Battaglia, Euganeen, mit 6,296 ‰ Wasser und 11,66 ‰ in Salzsäure löslichen Bestandtheilen	0,3260 ‰
11. Trachyt von Monte Chiolo, Vicenza, in Zersetzung begriffen, (deutlich Lithion)	0,0937 ‰
12. Trachyt, frischer, von Monte Ortona, Euganeen	0,0871 ‰
13. Trachyt, porphyrartig, in Zersetzung von S. Pietro, Montagnon, Euganeen, (Sanidin, Hornblende, Glimmer)	0,0567 ‰
14. Trachyt, S. Daniele, Euganeen	0,0750 ‰
15. Granit von Baveno, Lago maggiore (Orthoklas u.); (Spuren von Lithion)	0,0966 ‰
16. Granit von Montarfano, Lago maggiore (Albit, Quarz, Glimmer); keine Spur von Lithion	0,0727 ‰
17. Feldspath, dicht, weiß, in Gängen des Diorits bei Mosso, Biella, Piem	0,3500 ‰
18. Basalt, dicht von Monte nuovo, Euganeen, fast ganz in Salzsäure löslich; Spectralverhalten: Kalk und Lithion	0,1271 ‰

Diese Versuche bestätigen die früheren Arbeiten von Struve, Forchhammer, Bischof, Wiegmann und Bunsen.

Weitere Angaben über die lösende Kraft des Wassers werden später gemacht werden.

In der Natur wirkt aber nie reines Wasser, sondern stets mit demselben noch Kohlensäure, da es wohl kein Wasser giebt, das nicht wenigstens geringe Menge derselben enthält; mit der Kohlensäure ferner noch der Sauerstoff und die Salze, welche

durch das Wasser zunächst gelöst worden sind, vor allem kohlen-
saure Alkalien, alkalische Erden u. a.

§ 161.

b. Die Kohlensäure.

Alle Mineralien werden durch Säuren allmählich theils zer-
setzt, theils aufgelöst. Die Kohlensäure gehört zwar zu den
schwächsten Säuren, jedoch, da sie lange Zeit einwirken kann, so
ist das Endresultat ihrer Thätigkeit dasselbe, wie das der starken
Mineralsäuren.

G. Bischof ließ zufälligerweise Basaltstücke, von der Größe einer
welschen Nuß in verdünnter Schwefelsäure einige Jahre lang liegen und
sah nach dieser Zeit die Flüssigkeit eingetrocknet und den Basalt bis in's
Innere zersetzt.

Die Wirkung der Kohlensäure bei den Mineralien ist eine
verschiedene. Kohlen-saure Verbindungen, (kohlen-saure Kalkerde,
kohlen-saure Magnesia, kohlen-saures Eisenoxydul u. s. w.) werden
in der Weise gelöst, daß sich die doppelt kohlen-sauren Ver-
bindungen derselben bilden, welche an sich im Wasser löslich sind.

Phosphaten (Apatit u. s. w.) wird unter Entstehung von
kohlen-saurem Kalk, Kalkerde entzogen, wodurch allmählich saurer
phosphorsaurer Kalk gebildet wird, der in Wasser löslich ist.

Gesteine, welche Carbonate und Phosphate enthalten, werden,
indem diese auf die angeführte Weise gelöst und dann fortgeführt
werden, in ihrem Zusammenhange verändert, was mit der Zeit
ein Zerfallen zu Pulver herbeiführt.

Auf die Silikate, sowohl wasserfreie, wie wasserhaltige wirkt
die Kohlensäure in der Weise ein, daß sie denselben die basischen
Körper, vor allem die alkalischen Erden und Alkalien entzieht,
da sie bei gewöhnlicher Temperatur weit größere Verwandtschaft
zu diesen Basen besitzt, als die Kieselsäure.

W. B. und R. C. Rogers digerirten 40 Gr. Hornblende 48 Stunden
lang bei 18° mit kohlen-säurehaltigem Wasser und erhielten hierdurch 0,18
Kieselsäure und 0,05 Eisen, 0,13 Kalkerde, 0,95 Magnesia und Spuren von
Mangan.

Ich verweise ferner noch auf den von mir angestellten Versuch mit
einem wasserhaltigen Silikate, pag. 395.

Pavesi und Ronconi hatten Gelegenheit in einem von alten Mo-
ränen herrührenden Terrain in der Nähe von Como die Einwirkung kohlen-
säurehaltiger Tagewasser auf granitische Gesteine auch in größerer Tiefe, zu
studiren. Bei Exemplaren aus 8 Mtr. Tiefe verglichen sie die äußere zer-
setzte Rinde mit dem intacten Kern und erhielten folgende Resultate:

In Salzsäure löslich	Unzerseht:	Zerseht:
Kohlensäure	25,60	96,54
Eisenoxyd	2,43	—
Thonerde	1,99	3,45
Kalkerde	66,91	—
	3,21	—
	100,14	99,99

Kalk- und Thonerdesilikat sind also völlig in Lösung übergegangen.

Ferner verdanken wir H. Müller eine Reihe interessanter Resultate, welche theils früher Gefundenes bestätigen, dieses jedoch in bestimmte Formen kleiden, theils aber auch Neues enthalten, weshalb wir dieselben, wenn auch nur kurz, aufführen. Müller ließ eine Anzahl Mineralien in fein gepulvertem, gebeuteltem Zustande in einer Glasflasche (1100 Grm. Wasser fassend) mit kohlensäurehaltigem Wasser bei vollständigem Verschlusse vom 11. December 1875 bis 2. Februar 1876 oder vom 24. April bis 12. Juni 1876 unter täglichem Umschütteln in Berührung. Die darauf erfolgte Untersuchung ergab folgendes:

Durch kohlensaures Wasser wurde gelöst vom:

	in Procenten	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxydul	Kalk	Magnesia	Kali	Natron	Phosphor- säure
Adular	0,328	0,155	0,1368	Spur.	—	—	1,352	—	—
Oligoklas . . .	0,533	0,237	9,1713	Spur.	3,213	—	—	2,367	—
Hornblendefels	1,536	0,417	Spur.	4,829	8,328	—	Spur.	—	—
Magneteisen	0,307	—	—	0,942	—	—	—	—	—
Magneteisenerz	1,821	Spur.	—	2,428	—	—	—	—	—
Mororit	1,529	—	—	—	1,696	—	—	—	1,417
Apatit	2,018	—	—	—	2,168	—	—	—	1,822
Spargelstein	1,976	—	—	Spur.	1,946	—	—	—	2,120
Olivin	2,111	0,873	—	8,733	Spur.	1,291	—	—	—
Serpentin	1,211	0,354	—	1,527	—	2,649	—	—	—

§ 162.

c. Sauerstoff.

In vielen Mineralien sind Eisenoxydul und Manganoxydul enthalten, auch sind oft in die Gesteine kohlensaure Verbindungen dieser Basen eingesprengt. Diese Basen haben eine große Neigung sich zu oxydiren, und so entsteht z. B. aus dem Eisenoxydul Eisenoxyd. Das Eisenoxyd-Atom nimmt aber einen größeren Raum ein, als das Eisenoxydul-Atom; es trägt somit die Oxydation dieser Basen ebenfalls nicht unwesentlich zum Zerfallen der Gesteine und zur Verwitterung der Mineralien bei.

Ferner wirkt der Sauerstoff auf manche Schwefelmetalle, von denen hier vor Allem die Schwefelverbindungen des Eisens zu nennen sind, oxydierend ein. Magnetkies (FeS) wird in schwefelsaures Eisenoxydul, Schwefelkies (FeS_2) in schwefelsaures Eisenoxydul und Schwefelsäure verwandelt; aus dem schwefelsauren Eisenoxydul wird dann durch weitere Einwirkung des Sauerstoffs ein 5fach basisch schwefelsaures Eisenoxyd, wobei ein Theil der Schwefelsäure frei wird. Durch die Oxydation dieser Körper wird somit einerseits durch Aenderung der Atomverhältnisse eine Störung in dem Zusammenhange der Gesteine hervorgebracht, andererseits aber übt die entstandene freie Schwefelsäure auf die Zersetzung anderer Mineralien einen wesentlichen Einfluß aus.

§ 163.

d. Kali-, Natron-, Ammoniak- und Kalksalze.

Die kohlen-sauren Alkalien lösen die amorphe Kieselsäure unter Bildung von kiesel-saurem Alkali in der Wärme in kurzer Zeit auf, von welcher Eigenschaft derselben im Laboratorium bei der Bestimmung jener Gebrauch gemacht wird. Dasselbe erfolgt auch in der Kälte, wenngleich langsamer und in geringeren Mengen. Bei der Betrachtung der Einwirkung der Kohlen-säure auf die Silikate haben wir gesehen, daß sie denselben Alkalien u. s. w. unter Bildung von kohlen-sauren Alkalien entzieht, und diese so gebildeten kohlen-sauren Alkalien wirken dann im Verein mit Wasser und Kohlen-säure weiter zersetzend auf die Gesteine ein. Das Regenwasser enthält ferner stets Ammoniak als kohlen-saures und salpeter-saures Salz; diese Ammoniak-salze üben ebenfalls theils durch Auflösung von Kieselsäure theils durch Substitution der Basen einen zersetzenden Einfluß auf die Silikate aus. Dasselbe gilt von den Kalksalzen, vor Allem von dem kohlen-sauren Kalke.

Folgende Versuche von Dietrich zeigen den Einfluß verschiedener Salze auf Gesteine. Er nahm Basalt und übergoß 200 Grm. desselben in Glasflaschen mit 400 Ccm. Wasser, dem eins der nachstehenden Stoffe hinzugefügt war. (Bei den Salzen ist die Menge der in denselben enthaltenen Säuren untereinander äquivalent).

1. Schwefelsaures Ammoniak	2,64 Grm.
2. Ueberthalfach kohlen-saures Ammoniak	1,92 "
3. Chlorammonium	2,14 "
4. Salpeter-saures Ammoniak	3,20 "
5. Salpeter-saures Natron	3,40 "
6. Schwefelsaures Natron	2,84 "
7. Chlornatrium	2,34 "
8. Kohlen-saures Natron	2,12 "

9. Salpetersaure Kalkerde	3,28 Grm.
10. Chlorcalcium	2,22 "
11. Schwefelsaure Kalkerde	2,72 "
12. Kalkerdehydrat	4,50 "
13. Zweifach kohlensaures Natron	3,00 "
14. Reines Wasser	—

Die Stoffe blieben 3 Jahre lang mit dem Basalte in Berührung, worauf die Untersuchung der Flüssigkeiten stattfand; diese wurden zunächst durch Filtration von dem Basalte getrennt, dann der Rückstand mit 50 Ccm. Wasser übergossen und filtrirt, und darauf, da einige von den Säuren der angewandten Salze mit der Kalkerde und Magnesia schwer oder unlösliche Verbindungen bilden, der Rückstand noch mit je 100 Ccm. schwachfäuerlichem Wasser (99 Wasser und 1 Salzsäure) ausgezogen.

Von 1,000,000 Theilen wurden durch die betreffenden Lösungen die auf der nächstfolgenden Tabelle zusammengestellten Stoffe gelöst:

durch		Kalk	Natron	Magnesia	Kalkerde	Kieselsäure	Summa der Mineralstoffe	
							überhaupt	nach Abzug der Kieselsäure
Wasser	Reines Wasser			59,0	108,0	40,0	207,0	
	Säurehaltiges „	unbestimmbare Menge		92,5	243,0	50,0	385,5	
	Summa		—	151,5	351,0	90,0	592,5	502,5
NH ₄ OSO ₃	Reines HO.	116,5	214,0	169,0	885,0	105,0	1489,5	
	Säureh. HO.	—	—	43,0	582,0	400,0	1025,0	
	Summa	116,5	214,0	212,0	1467,0	505,0	2514,5	2009,5
2NH ₄ 3CO ₃	Reines HO.	145,0	320,0	156,0	122,0	130,0	873,0	
	Säureh. HO.	—	—	130,0	2110,0	40,0	2280,0	
	Summa	145,0	320,0	286,0	2232,0	170,0	3153,0	2983,0
NH ₄ Cl	Summa	266,0	400,0	394,0	1859,0	220,0	3139,0	2919,0
NH ₄ ONO ₅	Summa	135,0	195,0	495,0	2696,0	520,0	4041,0	3521,0
NaOSO ³	Reines HO.	—	—	140,0	294,0	45,0	479,0	
	Säureh. HO.	—	—	95,0	110,0	55,0	260,0	
	Summa		—	235,0	404,0	100,0	739,0	639,0
NaOCO ₂	Reines HO.	55,0	—	55,0	65,0	560,0	735,0	
	Säureh. HO.	—	—	255,0	910,0	235,0	1400,0	
	Summa	55,0	—	310,0	975,0	795,0	2135,0	1340,0
NaCl	Summa	96,0	—	268,0	621,0	150,0	1135,0	985,0
NaONO ₅	Summa	66,0	—	173,0	316,0	150,0	705,0	555,0
CaOSO ₃	Reines HO.	70,0	190,0	145,0	—	101,0	506,0	405
	Säureh. HO.	Die Lösung ging verloren.						
	Summa	47,0	182,0	365,0	—	120,0	714,0	594,0
CaCl	Summa	82,0	211,0	413,0	—	131,0	837,0	706,0
CaOHO	Summa	75,0	310,0	—	—	—	—	385,0

Außer dieser interessanten Versuchsreihe liegen von demselben Verfasser, sowie von Eichhorn, A. Beyer und J. Fittbogen noch schöne und umfangreiche Arbeiten über den Einfluß von Salzlösungen auf die Verfestung von Mineralien und Gesteinen vor. Alle diese Arbeiten zeigen die günstige Einwirkung, welche durch die angewendete Salzlösung auf die Mineralien, resp. Gesteine erfolgt. Ich führe hier noch die von Beyer, damals in Regenwalde, erhaltenen Resultate kurz an.

Beyer brachte 1 Kilogramm. geschlämmten Feldspath mit je $2\frac{1}{2}$ Liter destillirtem Wasser in geräumige Glasflaschen, welche wie folgt, beschickt wurden:

- Nr. 1, 2 und 3 nur mit Wasser,
 " 4 mit $\frac{1}{10}$ Aequivalent Kalk,
 " 5 und 6 mit 1 Aequivalent kohlen saurem Kalk,
 " 7 und 8 mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent schwefel saurem Kalk,
 " 9 und 10 mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent salpeter saurem Kalk,
 " 11 und 12 mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent schwefel saurem Ammoniak,
 " 13 und 14 mit 1 Aequivalent Magnesia,
 " 15 und 16 mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent kohlen saurem Kali,
 " 17 und 18 mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent salpeter saurem Natron,
 " 19 und 20 mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent Chlornatrium,
 " 21 mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent Eisenoxydul.

Die Gefäße 1, 4, 5, 7, 9, 11, 13 und 17 wurden mit mit einer Wachsschicht überzogenen Korken luftdicht verschlossen. Bei den übrigen Versuchen waren die Korken mit 2 rechtwinkelig gebogenen Glasröhren versehen, die zur Einführung von Kohlen säure, resp. atmosphärischer Luft und zum Wiederaustritt der nicht absorbirten Kohlen säure dienten. Die Zuleitung von Kohlen säure, resp. atmosphärischer Luft, bei welcher Gelegenheit sämmtliche Gefäße auf das Sorgfältigste umgeschüttelt wurden, geschah in Zwischenräumen von 14 Tagen bis 4 Wochen. Um den betreffenden Gefäßen gleich große Mengen von Kohlen säure zuzuführen, wurde für jedes Gefäß das gleiche Volumen Salzsäure von bekannter Concentration auf überschüssigen kohlen sauren Kalk einwirken gelassen; die entwickelte Kohlen säure wurde vor dem Eintritt erst gewaschen. Die Versuche dauerten vom 11. Juni 1866 bis Anfang November 1868. Der verwendete Feldspath hatte an Hauptbestandtheilen:

Kali	8,51 %
Natron	3,37 %
Thonerde	16,03 %
Kieselsäure	65,52 %
Baryt	1,30 %

Die gewonnenen Resultate sind auf der folgenden Tabelle pag. 533 verzeichnet.

Es waren in $2\frac{1}{2}$ Liter enthalten in Grammen:

Bei Versuch:	Kali.	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd und Thonerde	Schwefelsäure	Kieselsäure
1. Destillirtes Wasser	0,051	0,078	0,058	0,006	—	0,044	0,049
2. Destillirtes Wasser mit Luft	0,037	0,064	0,044	0,005	—	0,044	?
3. Kohlensäure .	0,071	0,114	0,076	0,004	0,009	0,046	0,069
4. Aetzalk	0,209	0,174	0,067	0,003	0,008	0,041	0,061
5. Kohlensaurer Kalk	0,042	0,073	0,112	0,009	—	0,040	0,019
6. Kohlenf. Kalk und Kohlen- säure	0,067	0,094	0,273	0,018	—	0,041	0,034
7. Gyps	0,053	0,074	1,906	0,016	—	2,840	0,033
8. Gyps und Kohlensäure	0,068	0,097	1,958	0,016	—	2,684	0,062
9. Salpetersaurer Kalk	0,041	0,062	—	0,016	—	0,048	0,036
10. Salpeterf. Kalk und Kohlen- säure	?	?	—	0,017	—	0,048	0,045
11. Schwefelsaures Ammoniak .	0,161	0,094	0,122	0,035	—	—	0,066
12. Schwefelf. Ammoniak und Kohlensäure	0,162	0,107	0,147	0,015	—	—	0,056
13. Magnesia	0,359	0,315	0,013	0,004	—	0,065	0,159
14. Magnesia und Kohlensäure	0,312	0,255	Spur	7,569	—	0,111	0,048
15. Kohlensaures Kali	—	—	Spur	Spur	—	0,048	0,026
16. Kohlenf. Kali und Kohlen- säure	—	—	0,029	0,007	—	0,040	0,029
17. Salpetersaures Natron	0,089	—	0,049	0,003	0,005	0,043	0,060
18. Salpetersaures Natron und Kohlensäure	0,096	—	0,120	0,008	0,009	0,037	0,032
19. Chlornatrium	0,163	—	0,091	0,008	0,004	0,040	0,032
20. Chlornatrium u. Kohlensäure	0,183	—	0,123	0,006	9,006	0,034	0,057
21. Eisenoxydulhydrat	0,086	0,069	0,040	0,004	0,003	0,052	0,036

Diese Zahlen sprechen ohne weiteren Commentar. Hervorgehoben mag nur noch die große Wirkung der Magnesia und der doppelt kohlensauren Magnesia werden, welche sich als die bedeutendste von allen angewendeten Stoffen erwiesen hat. — Bestätigung dieser Thatsache finden wir bei den Versuchen von F i t t b o g e n mit demselben Feldspath.

§ 164.

B. Die Verwitterung selbst.

Nachdem wir jetzt den Antheil kennen gelernt haben, den die einzelnen Factoren der Verwitterung auf das Zerfallen und die Zersetzung der Gesteine und Mineralien ausüben, sind jetzt ferner die Veränderungen in's Auge zu fassen, welche mit den Mineralien unter dem Einflusse aller dieser Factoren vor sich gehen. Die Verwitterung der Mineralien findet, wie vorhin

gezeigt worden ist, nicht auf dieselbe Art statt, sondern ist eine verschiedene je nach der Zusammensetzung und der Beschaffenheit der einzelnen Mineralien.

a. Verwitterung der Feldspäthe.

Für die Bildung der Ackererden sind die Feldspäthe die wichtigsten Mineralien, weshalb eine specielle Betrachtung der Verwitterung derselben nothwendig ist. Im vorigen Kapitel sind die einzelnen Feldspäthe und die Verschiedenheit in ihrer Zusammensetzung hervorgehoben worden. Nehmen wir zunächst als Repräsentanten für die Darlegung der Zersetzung der Feldspäthe den Orthoklas. Dieser ist nach der Formel $KO SiO_3 + Al_2 O_3 + 3 SiO_3$ zusammengesetzt. Enthält der Feldspath kein Eisenoxydul, so sind die Hauptfactoren der Zersetzung nur Wasser und Kohlensäure, im andern Falle tritt als dritter noch der Sauerstoff hinzu. Da der Gehalt an Eisenoxydul resp. Manganoxydul jedoch immer nur ein geringer ist, so können wir von diesem zunächst absehen und den Feldspath unter dem Einflusse der beiden ersten Factoren näher betrachten.

Wie wir schon früher erwähnt haben, ist eine Bergliederung des Einflusses beider nicht gut möglich, sondern wir müssen diese beiden uns in Gemeinschaft auf den Feldspath influirend denken. Der Orthoklas zerfällt bei der Einwirkung von Wasser und Kohlensäure allmählich in der Weise, daß die sämtliche Thonerde sich mit einem Theil der Kieselsäure verbindet (Kaolin, Thon), während der andere Theil der Kieselsäure theils für sich ausgeschieden, theils mit dem Kali vereinigt weggeführt wird. Denken wir uns den Proceß der Verwitterung vollständig beendigt, und legen wir dem Orthoklas die der Formel entsprechende Zusammensetzung zu Grunde, so repräsentiren die folgenden Zahlen die Art des Zerfallens des Orthoklas.

	Feldspath	Kaolin	Berschwunden oder hinzugetreten
Thonerde	18,1	18,1	0
Kieselsäure	65,2	21,7	— 43,5
Kali	16,7	—	— 16,7
Wasser	—	6,3	+ 6,3
	100,0	46,1	66,5

Nach Forchhammer spalten sich 3 Atome Feldspath in 3 Atome Kaolin und Kalisilikat; wie folgt:

3 Mt. Feldspath = 3 Mt. Kali,	3 Mt. Thonerde u. 12 Mt. Kieselsäure.	
3 Mt. Kaolin =	3 Mt. Thonerde u. 4 Mt. Kieselsäure.	
Kalisilikat = 3 Mt. Kali,	8 Mt. Kieselsäure.	
3 Mt. Kali,	3 Mt. Thonerde u. 12 Mt. Kieselsäure.	

Das Kalisilikat nach der Formel $3 KO \cdot 8 SiO_3$ würde nach Forchhammer durch Wasser fortgeführt, während Kaolin nach der Formel $3 Al_2 O_3 \cdot 4 SiO_3 + 6 HO$ zurückbleibt.

Die von Forchhammer für den Kaolin aufgestellte Formel ist von mehreren Seiten angegriffen worden. Nach Brongniart und Malaguti enthält der Thon noch durch Kali ausziehbare Kieselsäure, was diese veranlaßt für den Kaolin die Formel $Al_2 O_3 \cdot SiO_3 + 2 HO$ aufzustellen. Fournet unterscheidet dagegen mehr als eine Art von Kaolin, so berechnet er aus einer Analyse von H. Rose die Formel $4 Al_2 O_3 \cdot 5 SiO_3$. Nach ihm muß das in dem Kaolin stets vorhandene Kali nicht als kieselsaures Kali, sondern als Feldspath abgezogen werden, bei welcher Rechnung er für mehrere Kaoline die obige Formel erhält.

Bei einer zweiten Art von Kaolin, wobei er die in demselben gefundenen Basen ebenfalls als entsprechende Feldspäthe abzieht, erhält er dann die Formel von Forchhammer.

Ohne hier weiter auf diese Streitfrage einzugehen, möge nur bemerkt werden, daß die Formel von Forchhammer $3 Al_2 O_3 \cdot 4 SiO_3 + 6 HO$ am meisten Wahrscheinlichkeit für sich hat, und daß dieselbe deshalb auch hier für den Kaolin angenommen ist.

Der Kaolin hat hiernach folgende Zusammensetzung:

Kieselsäure	47,028
Thonerde	39,233
Wasser	13,739
	100,000

Der Kaolin ist aber nie frei von Kali, sondern enthält stets etwas von dieser Basis, deren Menge bis auf 2,5 % steigen kann. Ferner hat uns die Analyse des Orthoklas gezeigt, daß die Zusammensetzung nie der obigen Formel ganz entspricht, sondern daß ein Theil des Kali stets durch andere Basen von der Zusammensetzung RO vertreten ist. Hieraus folgt, daß die Zerlegung des Orthoklas nie der obigen Betrachtung vollständig entsprechen wird; sie dient aber dazu, uns ein Bild von der Art des Zerfallens desselben zu geben.

Hervorgehoben muß ferner noch werden, daß in der Natur dieser Proceß nicht in der Einfachheit vor sich geht, wie die theoretische Betrachtung darthut, daß nämlich das Kalisilikat nicht

einfach durch Wasser weggeführt wird, während der unlösliche Kaolin zurückbleibt.

Auf den Feldspath wirken vor allem Wasser und Kohlensäure ein, dadurch wird zunächst ersteres aufgenommen und durch letztere Kali als kohlen-saures Kali extrahirt, wodurch ein an Kieselsäure reicheres Silikat zurückbleibt; das kohlen-saure Kali wird dann zum Theil fortgeführt, zum Theil kann es aber wieder auf den in Zersetzung begriffenen Feldspath einwirken und diesem Kieselsäure entziehen, das so gebildete kieselsaure Kali hat jedoch wenigstens nicht immer die Zusammensetzung, welche die theoretische Betrachtung demselben zuschreibt.

Wir kennen mehrfache Verbindungen zwischen Kieselsäure und den Alkalien. Forchhammer stellte 6 Verbindungen zwischen beiden dar, bei denen bei der einen auf 8 Atome Kieselsäure 3 Atome Kali (Kali-Wasserglas) kommen; hier beträgt der Sauerstoff der Kieselsäure das 8fache von dem des Kali; ferner solche, bei denen der Sauerstoff der Kieselsäure das 2-, 4-, (8-), 16-, 36- und 48fache von dem des Kali ausmacht. Nach Forchhammer sind die Verbindungen, wo der Sauerstoff der Säure mehr als das 8fache von dem der Basis beträgt, unlöslich, was aber nicht im absoluten Sinn gelten kann.

Es werden also bei der Feldspath-Verwitterung verschieden zusammengesetzte Kalisilikate entstehen und von den Gewässern fortgeführt werden. Auf die entstandenen Kalisilikate wirkt abermals Kohlensäure ein, entzieht denselben Kali und scheidet so allmählich Kieselsäure aus, welche vielfach nicht ganz rein ist, sondern noch etwas Kali enthält und welche wenigstens zum Theil bei dem Kaolin verbleibt. Enthält ein Feldspath Kalkerde, so wird die Kohlensäure zunächst unter Bildung von doppelt kohlen-saurem Kalk diese auflösen, da die Verwandtschaft derselben zur Kalkerde größer als zum Alkali ist; hierdurch bleibt dann ein kieselsäurereicheres Alkalisilikat zurück. Die Zersetzung der Kalkerde enthaltenden Feldspäthe geht schneller von statten als wenn diese Basis fehlt.

Natron führende Feldspäthe werden ebenfalls schneller zersetzt, da das Natron durch Kohlensäure leichter ausgezogen wird, als das Kali.

Wenn endlich Eisenoxydul noch zu den Bestandtheilen des Feldspaths gehört, so tritt zu den beiden sonst vor allem wirksamen Zersetzungs-Factoren, der Kohlensäure und dem Wasser, noch der atmosphärische Sauerstoff hinzu, welcher das Oxydul in Oxyd überführt und dadurch die Zersetzung beschleunigt.

Wir haben bis jetzt vorherrschend den Orthoklas im Auge gehabt. Durch das, was in Betreff des Gehaltes desselben an

Kalkerde, Natron und Eisenoxydul gesagt wurde, ist aber auch zugleich die Zersetzung der Natron- und Kalkfeldspäthe (des Albits, Oligoklas, Labrador, Andesin) mit besprochen worden. Ihre Zersetzung ist der des Orthoklas ganz analog, sie geht aber um so schneller vor sich, je mehr Natron und Kalkerde in ihnen enthalten ist.

Die folgenden Analysen mögen noch weiter zur Erläuterung der Zersetzung der Feldspäthe, wie sie in der Natur vor sich geht, dienen.

Craffo untersuchte verwitterte Feldspäthkrystalle aus dem Granit von Carlsbad. Nehmen wir an, um seine Analyse mit der des Feldspaths vergleichen zu können, daß der Thonerdegehalt in dem zersetzten Feldspäth noch derselbe sei wie in dem ursprünglichen, und reduzieren wir hiernach die Analyse von Craffo, so erhalten wir:

	Orthoklas	Zersetzter Orthoklas	Fortgeführt
Kieselsäure	65,21	32,50 (2 At.)	32,71 (8 At.)
Thonerde	18,13	18,13 (1 At.)	0
Kali	16,66	2,80	13,86 (3 At.)
Natron	—	0,25	—
Kalk	—	0,35	—
Magnesia	—	0,27	—
Eisenoxyd	—	0,73	—
Wasser	—	5,11	—
	—	60,14	46,57

Ferner untersuchte Craffo verwitterte und zersetzte Feldspäthkrystalle aus dem Syenit von Geising bei Allenberg und fand:

Kieselsäure	70,789
Thonerde	17,090
Kali	5,864
Natron	0,383
Magnesia	0,653
Eisenoxyd	1,156
Manganoxydul	0,351
Wasser	3,670
	<hr/> 99,956

Brongniart und Malaguti untersuchten einen Feldspäth von Ceylon in verschiedenen Graden der Verwitterung, und zwar a. brüchig, aber noch durchscheinend und krystallfirt, b. in höherem Grade zerreiblich und milchweiß, und c. ganz verwittert und in eine weiße, erdige, mit Quarz gemengte Masse verändert:

	a.	b.	c.
Kieselsäure	64,00	67,10	9,60
Thonerde	19,43	17,83	19,30
Kali	14,81	13,50	1,32
Kalkerde	0,42	0,50	
Magnesia	0,20	Spur	—
Wasser und Verlust	1,14	1,07	12,03
Rückstand	—	—	56,79

Die Feldspäthe zerfallen sich übrigens nicht ausschließlich nur in der eben beschriebenen Weise, sondern erleiden auch Veränderung in der Art, daß sie in andere Mineralien verwandelt werden. So kann nach Feldspath Glimmer, Talk, Speckstein, Chlorit u. s. w. entstehen.

§ 165.

b. Verwitterung der Glimmerarten.

Die Glimmer verwittern sehr schwer, weshalb auch bis jetzt über die Art der Verwitterung wenig bekannt ist. In der Zusammensetzung der Glimmer ist diese schwere Zersezbarkeit allein nicht zu suchen; sie muß um so mehr überraschen, als der Glimmer bei seiner großen Spaltbarkeit leicht in kleine Blättchen zerfällt und so der Verwitterung eine größere Oberfläche und zahlreichere Angriffspuncte darbietet. Die Eisenoxydul enthaltenden Glimmer machen hiervon keine Ausnahme; durch Uebergang des Oxyduls in Oxyd verändert der Glimmer nur seine Farbe, nicht aber seine übrigen Eigenschaften. Die leichte Spaltbarkeit des Glimmers ist für den Zerfall der Gesteine, in dem er vorkommt, außerordentlich günstig.

Wegen dieser schweren Zersezungsfähigkeit des Glimmers finden wir denselben auch so vielfach noch gar nicht oder wenig verändert in unseren Ackererden.

Metamorphosen unterliegt der Glimmer ebenfalls vielfach.

§ 166.

c. Verwitterung der Hornblende und des Augits.

Die Hornblenden sind sehr verschiedenartig zusammengesetzt. Die eisenreichen Hornblenden werden schon durch Salzsäure theilweise zersezt; die hieran ärmeren jedoch nur wenig verändert. Die Verwitterung der eisenreichen Hornblenden beginnt mit

Umwandlung des Eisenoxyduls in Dryd; beim gänzlichen Zerfallen entsteht eine rothbraune Erde. Nach der Drydation des Eisenoxyduls werden die andern Basen (Magnesia, Natron, Kalkerde) durch die Kohlensäure gelöst und theilweise fortgeführt. Die thonerdehaltigen Hornblendensorten liefern bei der Zersetzung Thon. Die an Eisen armen Hornblendearten verwittern sehr schwer, daher finden wir dieselbe vielfach noch unter den Mineraltrümmern der Ackererden.

Die Verwitterung der Augite geht ähnlich, wie die der Hornblendensorten vor sich; auch sie werden schon durch Säuren angegriffen, aber wesentlich schwieriger als die Hornblendensorten. Was jedoch starke Säuren in kurzer Zeit bewirken, vermag die schwache Kohlensäure in langer Zeit. Das Eisenoxydul wird hierbei ebenfalls zu Dryd oxydirt und dann werden allmählich die andern Basen in Carbonate verwandelt, mit Hülfe weiterer Kohlensäure gelöst und theilweise fortgeführt. Von den Augiten können natürlich auch nur die thonerdehaltigen bei der Zersetzung Thon liefern. Die Verwitterung der Augite ist im Allgemeinen eine viel langsamere als die der Hornblendensorten.

Metamorphosen der Hornblendensorten und Augite finden sich vielfach.

§ 167.

d. Schlußbemerkung.

Es ist hiermit das Wesentliche über die Verwitterung einiger der verbreitetsten Mineralien angeführt worden. Wir ersehen daraus, daß durch die Verwitterung alle die Stoffe, welche die Pflanze zu ihrer Ernährung bedarf, gewonnen werden. Die Feldspäthe liefern: Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen, Mangan und Kieselsäure. Durch die Wirkung der Kohlensäure, des Wassers und der Luft auf die Carbonate, schwefelsauren Salze und Schwefelmetalle werden noch mehr Kalkerde, Magnesia, wie auch Schwefelsäure gelöst und der Ackererde zugeführt. Chlornatrium, ein sehr verbreiteter Körper, ist in Wasser leicht löslich. Was endlich die Phosphorsäure anbetrifft, so haben wir gesehen, daß auch sie zu den allgemein verbreiteten Körpern gehört, wenn auch ihr Vorkommen im Allgemeinen kein großes ist. Da sie nun in den Gesteinen als Apatit zc. enthalten ist, so wird auch sie durch Kohlensäure und Wasser beim Zerfallen der Gesteine mit gelöst und so den übrigen Stoffen zugefellt.

Kapitel III.

Der Boden.

§ 168.

Allgemeines.

Der Boden ist durch die Verwitterung der Mineralien entstanden. Je nachdem er an der Stelle, wo er durch die Verwitterung gebildet, geblieben oder fortgeschwemmt und so an andern Orten durch Anschwemmung entstanden ist, theilt man die Böden zunächst in Primitivböden und Schwemmlandböden. Der erstere besteht aus den Verwitterungs-Producten des Gesteins, auf dem er sich vorfindet, während der andere aus verschiedenen Gesteinen entstanden und entfernt von seiner Bildungsstätte vorkommt. Er ist daher in der Regel auch fruchtbarer als jener. Wir haben hier nur diese beiden in ihrer Entstehungsart verschiedenen Böden erwähnen wollen, es kann aber nicht unsere Aufgabe sein, die Classification der Bodenarten, welche Gegenstand der Bodenkunde ist, näher in's Auge zu fassen, sondern wir haben uns hier mit der Ackerkrume nur im Allgemeinen bekannt zu machen.

Die Bestandtheile des Bodens.

Die Ackerkrume eines Culturbodens besteht aus organischen und unorganischen Bestandtheilen. Die organischen Bestandtheile — der Humus — sind bei Besprechung des Kohlenstoffs näher erwähnt worden.

Die unorganischen Bestandtheile sind:

	Thon,	
	Sand,	
	Kalk,	
	Magnesia,	
	Gesteinstrümmer.	
Kali,		Kieselsäure,
Natron,		Schwefelsäure,
Thonerde,		Phosphorsäure,
Eisenoxyd (Eisenoxydul),		Chlor.
Manganoxyd (Manganoxydul),		

§ 169.

A. Die für die physikalischen Eigenschaften des Bodens wichtigsten Bestandtheile desselben.

Von den soeben aufgeführten Körpern sind mit dem Humus der Thon, Sand und Kalk, und unter Umständen noch die Magnesia diejenigen, welche die Haupteigenthümlichkeiten eines Bodens bestimmen, daher ist das Mengenverhältniß dieser 4 Körper auch zur Klassification der Bodenarten in einer Richtung benutzt worden. Aus diesem Grunde haben wir uns hier zunächst auch mit den Eigenschaften dieser Körper bekannt zu machen. Vom Humus gilt das früher Gesagte.

a. Der Thon.

Die Zusammensetzung des Thones ist bereits angegeben worden, sowie daß der Thon nicht reine kiesel-saure Thonerde ist, sondern daß er immer noch Verwitterungs-Producte der Mineralien enthält, aus denen er entstanden ist, vorherrschend Kali und Kieselsäure.

Für die Ackerkrume ist vor Allem das Verhalten des Thones gegen Wasser von Wichtigkeit.

Der Thon besteht aus äußerst kleinen, gleichartig geformten Theilchen, welche sowohl zum Wasser als gegen einander große Verwandtschaft haben. Befeuchtet man Thon mit Wasser, so wird durch letzteres jedes einzelne Thon-Theilchen von allen Seiten benetzt, was eine Volumen-Vermehrung zur Folge hat; es sind also nicht nur die leeren Räume zwischen den Thontheilchen mit Wasser ausgefüllt, sondern auch dieselben von einander getrennt. In diesem Falle muß natürlich die Wassermenge der wasser-

fassenden Kraft des Thons entsprechen. Beträgt sie mehr, so erhält man einen homogenen Brei, der mit noch mehr Wasser in Berührung eine trübe Flüssigkeit giebt, in der der Thon lange Zeit suspendirt bleibt; genügt aber die zum Thone gebrachte Wassermenge der wasserfassenden Kraft des Thones nicht, macht sie nur $\frac{2}{3}$ — $\frac{1}{2}$ derselben aus, so entsteht eine Masse von großer Plastizität und Zähigkeit, welche Eigenschaft der Thon aber bei noch mehr vermindertem Wasser wieder verliert. Je mehr der Thon austrocknet, je geringer also sein Wassergehalt wird, um so mehr nimmt seine Festigkeit zu. Die nassen Thontheilchen besitzen ferner eine große Cohäsion aneinander, so wie auch Adhäsion zu andern Körpern, was wir beim Umrühren feuchten Thones mit einem Holzstück durch die Schwierigkeit der Bewegung des Letztern in dem Thone und durch das Anhaften jenes an diesem wahrnehmen. Diese Eigenschaft macht die Bearbeitung eines feuchten Thonbodens so außerordentlich schwierig. Die Bearbeitung ist aber um so leichter, je geringer die Adhäsion des Thones gegen den festen Körper ist, z. B. bei einer glatten Metallplatte.

Trocknet feuchter Thon, so schwindet sein Volumen wieder, was bei der Ackerkrume durch Entstehung von Rissen, bei kleinen Thonmassen und ungleichmäßiger Befeuchtung durch Zerfallen derselben wahrgenommen werden kann.

Mit Wasser vollständig imprägnirter Thon trocknet sehr schwer aus, da das Eindringen von Luft in den Thon unmöglich ist. Je größer die Oberfläche des zu trocknenden Thones ist, um so schneller erfolgt natürlich auch die Austrocknung desselben.

Aus der Art, wie Wasser und Thontheilchen vereinigt sind, folgt, daß der Thon durch Gefrieren am meisten gelockert werden kann, so wie sich daraus erklärt, daß nasser Thon undurchdringbar für Wasser ist. Letzteres ist aber nur dann der Fall, wenn derselbe nicht locker ist.

Beim Thon ist ferner noch der eigenthümliche Geruch hervorzuheben, welcher sich beim Befeuchten zu erkennen giebt, seine Unlöslichkeit in Salz- und Salpetersäure, dagegen die Löslichkeit in heißer conc. Schwefelsäure und schließlich, daß er durch Verlust des chemisch gebundenen Wassers seine Eigenschaft mit Wasser eine plastische Masse zu bilden, verliert.

§ 170.

b. Sand.

Der Sand besitzt für die physikalischen Eigenschaften des Bodens dieselbe Wichtigkeit, wie der Thon. Beim Sande ist aber der Grad der Feinheit von bedeutendem Einflusse; je feiner er ist, um so mehr nähert er sich in manchen Eigenschaften dem Thone, je gröber, um so ferner steht er demselben.

Der Sand theilt allerdings die wichtigsten Eigenschaften des Thones, durch Anfeuchtung sich auszudehnen, und durch Austrocknen zu schwinden, nicht mit demselben, kann aber in seiner wasserfassenden und wasserhaltenden Kraft demselben um so näher kommen, je feiner er ist. Er besitzt dann auch die Eigenschaft im Wasser lange suspendirt zu bleiben, weshalb bei der mechanischen Analyse auch bei dem besten Schlemm-Apparat der Thon von dem feinen Sande nicht oder wenigstens sehr schwer vollständig getrennt werden kann. Das für Thon Gehaltene besteht oft noch fast zur Hälfte aus feinem Sande. Auch die Cohäsions- und Adhäsions-Kraft des feinen Sandes im feuchten Zustande nähert sich der des Thones. Alle diese Eigenschaften verringern sich aber mit Zunahme der Größe der Sandkörner, so daß sie schließlich zum Theil vollständig verschwinden.

§ 171.

c. Kalk.

Da wir hier den Kalk nur in seinen Beziehungen zu den physikalischen Eigenschaften der Ackererde zu betrachten haben, so kann auch nur von dem Kalk die Rede sein, der im Acker als kohlen-saurer vorhanden ist. Bei dem kohlen-sauren Kalle ist der Grad der Feinheit, in der er vorkommt, ebenfalls von großem Einflusse. Je feiner er im Boden vertheilt ist, um so günstiger ist seine Wirkung auf die Bestandtheile in jeder Hinsicht. Der kohlen-saure Kalk ist in seinem Verhalten zum Wasser dem Sande gleich, auch er wird durch Aufnahme desselben in seinem Volumen weder vermehrt, noch vermindert sich dasselbe irgend wesentlich durch Austrocknen. Wegen dieser Eigenschaft kann er da, wo er in der nöthigen Menge im Boden vorhanden ist, zur Lockerung desselben und somit zu all den günstigen Wirkungen, welche diese im Gefolge hat, wesentlich beitragen,

Die wasserfassende und wasserhaltende Kraft des kohlensauren Kalkes ist etwas größer, als die des Thones, jedoch nur bei feiner Vertheilung; sein Condensations-Vermögen für Wasser dagegen geringer.

Je größer die Kalktheilchen sind, um so geringer ist ihre Wirkung auf den Boden.

§ 172.

d. Magnesia.

Bei der Magnesia als Bestandtheil in dem hier vorliegenden Sinne kann auch nur von der kohlensauren die Rede sein. Die Magnesia kann zwar durch Düngung auch als Magnesiahydrat, Chlormagnesium und schwefelsaure Magnesia zum Boden gelangen und hier dann auch auf die physikalischen Verhältnisse desselben nicht unwesentlich influiren; hier jedoch handelt es sich um die Magnesia als ursprünglichen Bestandtheil. Bei der kohlensauren Magnesia muß unterschieden werden, ob sie als wasserfreie Verbindung oder als Hydrat auftritt; die wasserfreie Verbindung, wie wir sie im Magnesit und Dolomit finden, ist in ihren physikalischen Eigenschaften durchaus dem kohlensauren Kalk gleich, so daß das von dem Gesagten, auch auf sie Anwendung findet; anders jedoch verhält es sich mit den Hydraten derselben, von denen mehrere zu unterscheiden sind. Alle Hydrate besitzen nämlich eine große wasserfassende und wasserhaltende Kraft, in welcher Eigenschaft sie alle übrigen Bestandtheile weit übertreffen. Deshalb kann ihre Bedeutung für trockne Böden eine ganz außerordentlich große sein.

Die Hydrate der kohlensauren Magnesia bilden sich sowohl bei der Verwitterung der Magnesia führenden Silikate, als bei der Auflösung der kohlensauren Magnesia durch kohlensäurehaltiges Wasser.

§ 173.

e. Die Gesteinstrümmer.

Die Gesteinstrümmer gesellen sich in ihrem physikalischen Verhalten dem Sande zu und werden auch sehr oft für denselben gehalten, so daß in dieser Hinsicht nichts Besonderes hervorzuheben ist. Anders ist es jedoch mit einer andern Beziehung, welche sie zum Boden haben und deren hier gleich Erwähnung

gethan werden muß. Die Gesteinstrümmer stellen zum Theil das Material dar, aus dem der Boden entstanden ist und sind deshalb noch weiter im Stande, Bodenbestandtheile im engeren Sinne zu liefern; deshalb sind sie für den Boden von so großer Bedeutung; sie repräsentiren den Reichthum des Bodens für die Zukunft; je mehr daher ein Boden von ihnen besitzt, um so reicher ist er und in je weitere Ferne ist der Zeitpunkt seiner Verarmung bei mangelhaftem Ersatz gerückt.

§ 174.

B. Die Pflanzennährstoffe des Bodens und die Verbindung, in der sie in demselben enthalten sind.

Wir haben jetzt diejenigen Bodenbestandtheile, welche durch ihre Menge auf den Charakter eines Bodens wesentlich influiren, in ihren physikalischen Eigenschaften, soweit es hier erforderlich war, betrachtet, und kommen nun zu der Frage, in welchen Verbindungen die übrigen vorhergenannten Bestandtheile im Boden enthalten sind, eine Frage, welche um so wichtiger ist, als sie gerade diejenigen Stoffe betrifft, welche die eigentliche Fruchtbarkeit des Bodens bedingen. Mag ein Boden auch die eben näher bezeichneten Gemengtheile, Humus, Thon, Sand und Kalk in den günstigsten Verhältnissen enthalten, so würde er doch für das Pflanzenwachsthum unbrauchbar sein, wenn er die eigentlichen Pflanzennährstoffe nicht besäße. Wie jene so außerordentlich wichtig für die physikalischen Eigenschaften des Bodens sind und ohne geeignete Mischung derselben auch bei noch so großem Reichthum an den Pflanzennährstoffen ein Boden doch nicht zu den von dem Landwirth gewünschten gezählt werden kann, so gilt dasselbe von den eigentlichen Pflanzennährstoffen. Ein Boden ist nur dann wirklich fruchtbar, wenn seine physikalischen Eigenschaften dem Pflanzenwachsthum günstig sind, wenn er also die gehörige Lockerheit, wasserfassende und wasserhaltende Kraft, die nöthige Wärme u. s. w. besitzt, dabei aber die Pflanzennährstoffe in der nöthigen Menge und in aufnahmefähigem Zustande enthält. Die Aufgabe des Bodens ist ja die, den Pflanzen einen Halt und die Nährstoffe, welche die Luft nicht darbieten kann, zu gewähren, ersteres kann er aber nur bei den erforderlichen physikalischen Eigenschaften, letzteres bei diesen und seinem Gehalte an Pflanzennährstoffen in für die Pflanze geeigneter Form.

Da für die Düngung die Verbindungen, in denen die Pflanzennährstoffe im Boden enthalten, von ganz außerordentlicher

Bedeutung sind, so haben wir diese zunächst kennen zu lernen. Es handelt sich hierbei um die Frage, in welchen Verbindungen wir das Kali, Natron, die Kalkerde, Magnesia, das Eisen, die Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und das Chlor im Boden vorfinden.

Die Beantwortung dieser Frage verdanken wir vor allem den Arbeiten, welche zur Erforschung der Ursachen des Absorptions-Vermögens des Bodens gemacht worden sind.

§ 175.

a. Die Verbindungen, in welchen die Basen im Boden vorkommen.

Aus den Absorptions-Erscheinungen geht hervor, daß die Basen im Boden in Form von wasserhaltigen Silikaten, humus-sauren Salzen und auch anderen Salzverbindungen enthalten sind, wobei jedoch die Mengen der letzteren, abgesehen vom Kalk und der Magnesia, die kleinsten sein werden.

Daß humus-saure Salze im Boden vorhanden sind, bedarf bei Erwägung der Eigenschaften der Humus-säuren des Beweises weiter nicht; da aber die Menge der letzteren im Boden gewöhnlich keine bedeutende ist, so kann auch durch diese nicht eine irgend wie beträchtliche Menge von Basen gebunden sein. Hieraus folgt schon, daß wir die größte Menge der Basen, abgesehen zum Theil vom Kalk und der Magnesia, uns als wasserhaltige Silikate im Boden zu denken haben. Hierfür muß aber natürlich der Beweis geliefert werden.

Ich benutze hierzu mehrere von mir in dieser Richtung ausgeführte Arbeiten.

Der Weg, welchen ich zur Erforschung der Gegenwart der Silikate im Boden einschlug, war folgender:

Zunächst war zu untersuchen, ob im Boden eine größere Menge löslicher Kieselsäure vorhanden sei, als bis dahin durch die Analysen angegeben war. Die früheren Untersuchungs-Methoden bestimmten nur die in der zur Lösung angewendeten Säure gelöste Kieselsäure, deren Menge sich stets als unbedeutend herausstellte, während die Menge der gelösten Basen bedeutend größer war. Dies führte zu dem sicheren Schlusse, daß das im Boden etwa vorhandene Silikat zu der Gruppe derjenigen gehören mußte, welche in Salzsäure in der Art gelöst werden, daß ihre Basen in Lösung übergehen, während die Kieselsäure unlöslich abgeschieden wird. Waren derartige Silikate im Boden,

so war das in Salzsäure Unlösliche weiter auf Kieselsäure zu prüfen und zu dem Zwecke mit kohlensaurem Natron zu behandeln.

Wurde so Kieselsäure in beträchtlicher Menge nachgewiesen, so war für die Untersuchung schon viel gewonnen. Ferner mußte bestimmt werden, ob die so gefundene Kieselsäuremenge schon in der Erde vor der Behandlung mit Salzsäure enthalten war, was entschieden gegen die Annahme, als gehöre sie einem durch die Salzsäure zerlegten Silikate an, gesprochen hätte, und schließlich war — wenn dies verneint — die Menge der Basen zu bestimmen, mit denen die Kieselsäure zu einem Silikate vereint gewesen war.

Zu diesen Untersuchungen diente eine Anzahl von Bodenarten, welche nach den sonst üblichen Untersuchungs-Methoden bereits von mir untersucht waren. Zunächst wurde das in Salzsäure Unlösliche auf Kieselsäure geprüft und hierbei die folgenden Mengen von Kieselsäure gefunden:

Namen der Erden :	Gefundene Kieselsäure in Procenten :
1. Ackerkrume 74 (bis zur Tiefe von 8") .	2,630
2. Untergrund derselben bis zur Tiefe von 16"	2,024
3. Ackerkrume 68, wie oben	3,324
4. Untergrund derselben dito	4,119
5. Ackerkrume A. dito .	3,625
6. Untergrund derselben dito	3,728
7. Mergel von Karschau bei Königsberg	6,072
8. Mergel von Großhof bei Tapiau	4,300
9. Ackererde aus Schlesien	4,732
10. Thonboden von Wehlau	7,876
11. Leichschlamm aus Waldau	7,792

Die Zahlen beweisen hinreichend das Vorkommen größerer Mengen von löslicher Kieselsäure in der Ackererde, als die bisherigen Analysen nachgewiesen haben; hierdurch ist zugleich der Beweis geliefert worden, daß die lösliche Kieselsäure zu denjenigen Bestandtheilen der Ackererde zu zählen ist, welche der Menge nach zu den wesentlichen gerechnet werden müssen. Bei der Analyse der Ackererden muß somit stets die in kohlensaurem Natron lösliche Kieselsäure bestimmt werden.

Zugleich mag hierbei noch darauf hingewiesen werden, daß, da bis jetzt auf die Kieselsäure keine Rücksicht genommen ist, bei der Bestimmung des Thones durch Schwefelsäure und kohlensaures Natron die Menge desselben stets zu hoch ausgefallen sein muß; die Bestimmung des Thones ist stets erst nach der Abscheidung der Kieselsäure vorzunehmen.

Nachdem das Vorkommen einer beträchtlichen Menge löslicher Kieselsäure in der Ackererde constatirt worden war, mußte, wie bereits angegeben, ferner untersucht werden, ob dieselbe Menge schon vor Behandlung der Erden mit Salzsäure in denselben vorhanden war, oder mit andern Worten, ob sie ganz oder zum Theil einem oder mehreren in der Ackererde vorkommenden Silikaten zuzuschreiben sei. Zu dieser Untersuchung dienten Ackerkrume und Untergrund Nr. 74. — Bei dem Untergrunde zeigte die Behandlung der rohen Erde mit kohlensaurem Natron eine lösliche Kieselsäuremenge von

0,460 % an. Die vorher mit 1 Theile Salzsäure und 2 Theilen Wasser digerirte Erde hatte aber bei der nachfolgenden Behandlung mit kohlensaurem Natron 2,024 % löslicher Kieselsäure ergeben, woraus der sichere Schluß zu ziehen ist, daß $2,024 - 0,460 = 1,564$ % — in Form löslicher Silikate im Boden vorhanden gewesen sein müssen. Die rohe Ackerkrume hatte an löslicher Kieselsäure 0,340; nach der Behandlung mit der verdünnten Salzsäure betrug die Menge derselben 2,630 %, somit waren also 2,290 % Kieselsäure in Form von löslichen Silikaten im Boden enthalten.

Ferner suchte ich die Basen zu bestimmen, welche mit der Kieselsäure im Boden zu Silikaten vereinigt sind. Zu dem Zwecke war es nothwendig, die Concentration der Salzsäure zu bestimmen, welche die im Boden enthaltenen Silikate nicht zersetzt; dann die von dieser verdünnten Säure gelösten Basen und schließlich diejenigen Mengen von Basen und Kieselsäure, welche bei der Behandlung mit concentrirterer Salzsäure in Lösung übergehen.

Zu dieser Untersuchung dienten ebenfalls Ackerkrume und Untergrund Nr. 74.

1. Untergrund. 100 Grm. desselben wurden mit 18,5 CC. Salzsäure und 281,5 CC. H. O. (1 : 15) eine halbe Stunde lang digerirt, filtrirt und ausgefüßt, das Filtrat auf Eisenoxyd und Thonerde, Kalkerde und Magnesia untersucht, sowie das in Salzsäure Unlösliche mit kohlensaurem Natron behandelt und die Kieselsäure bestimmt. Da die hier gefundene Kieselsäuremenge 0,620 % betrug, also mehr als in der rohen Erde gefunden war, so war von dieser verdünnten Salzsäure schon ein Theil der Silikate zerlegt worden. Deshalb wurden andere 100 Grm. Erde mit einer noch verdünnteren Salzsäure, nämlich 14,25 CC. Salzsäure und 285,75 CC. Wasser (1 : 20) eine halbe Stunde lang digerirt, und weiter, wie vorher, behandelt. Hierbei ergab sich die Menge der gelösten Kieselsäure zu 0,460 %, was zu der Annahme berechtigt, daß bei dieser Verdünnung kein Silikat zerlegt worden war; es mußten somit die hier gefundenen Mengen von Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde und Magnesia diejenigen sein, welche nicht in der Form von Silikat im Boden enthalten gewesen waren. Die Differenz zwischen den in der ersten Lösung gefundenen Basen und den in dieser Lösung enthaltenen mußte ferner diejenige Menge derselben angeben, welche an das Plus der vorher gegen jetzt gefundenen Kieselsäure gebunden gewesen waren.

Darauf wurden 100 Grm. dieser Erde noch mit 27,25 CC. Salzsäure und 272,75 CC. Wasser (1 : 10) ausgezogen, dann fernere 100 Grm. mit 50 CC. Salzsäure und 250 CC. Wasser (1 : 5), sowie andere 100 Grm. mit 100 CC. Salzsäure und 200 CC. Wasser (1 : 2).

Folgende Tabelle zeigt die hierbei erhaltenen Resultate, wobei ich noch bemerke, daß die meisten Zahlen Mittelzahlen aus zwei Bestimmungen sind.

	Kiesel- säure	Eisenoxyd und Thonerde	Kalkerde	Magnesia
Rohe Erde	0,460	—	—	—
Mit Salzsäure, die mit 20 Thei- len Wasser verdünnt, ausge- zogene Erde	0,460	1,222	0,0762	0,0868
Mit Salzsäure, die mit 15 Thei- len Wasser verdünnt, ausge- zogene Erde	0,620	1,542	0,1001	0,1115
Mit Salzsäure, die mit 10 Thei- len Wasser verdünnt, ausge- zogene Erde	1,040	1,782	0,1031	0,1411
Mit Salzsäure, die mit 5 Thei- len Wasser verdünnt, ausge- zogene Erde	1,340	1,930	0,1160	0,1584
Mit Salzsäure, die mit 2 Thei- len Wasser verdünnt, ausge- zogene Erde	2,024	2,998	0,1490	0,2820

Die folgende Tabelle enthält diejenigen Mengen der Basen und der Kieselsäure, welche bei der Behandlung der Erde mit $\frac{1}{15}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{2}$ Salzsäure Wasser mehr in Lösung getreten sind als bei der mit $\frac{1}{20}$. Diese Zahlen repräsentiren annehmbarer Weise diejenige Menge der Stoffe, welche zu Silikaten vereinigt gewesen sind.

	Kiesel- säure	Eisenoxyd und Thonerde	Kalkerde	Magnesia
In Lösung getreten bei $\frac{1}{15}$	0,160	0,320	0,0239	0,0351
" " " " $\frac{1}{10}$	0,580	0,560	0,0269	0,0543
" " " " $\frac{1}{5}$	0,980	0,752	0,0403	0,0774
" " " " $\frac{1}{2}$	1,564	1,776	0,0728	0,1962

2. Ackerkrume 74. 100 Grm. derselben wurden zunächst ebenfalls mit 14,25 CC. Salzsäure und 285,75 CC. Wasser (1 : 20) eine halbe Stunde lang digerirt, filtrirt und ausgefüßt; darauf Lösung und Rückstand, wie früher, untersucht. Die in dem Rückstande gefundene lösliche Kieselsäure betrug aber 0,600 %, woraus hervorgeht, daß schon bei dieser Verdünnung von der Salzsäure ein Theil der Silikate zerlegt worden war, da die rohe Erde nur 0,340 % lösliche Kieselsäure enthielt. — Es ist interessant, daß bei der Ackerkrume die Verdünnung der Salzsäure, welche beim Untergrunde derselben Erde ohne Wirkung auf die Silikate blieb, schon einen Theil derselben zerlegte. In der Lösung wurden an Thonerde und Eisenoxyd 1,157 %, an Kalkerde 0,0658 % und an Magnesia 0,022 % gefunden. Es mußte daher eine andere Portion der Erde mit einer verdünnteren Salzsäure digerirt werden und zwar wurden auf 100 Grm. Erde 11,5 CC. Salzsäure und 288,5 CC. Wasser (: 25) genommen. Jetzt fanden sich in dem Rückstande 0,344 % lösliche Kieselsäure. Da in der rohen Erde 0,340 % lösliche Kiesel-

fäure enthalten waren, und somit die Differenz zwischen beiden nur 0,004 betrug, so konnte angenommen werden, daß von dieser verdünnten Salzsäure kein Silikat gelöst worden war. Der Gehalt der Lösung an Eisenoxyd und Thonerde betrug 0,957%, an Kalkerde 0,052 und an Magnesia 0,013. Ferner wurden 100 Grm. Erde noch mit 18,5 CC. Salzsäure und 281,5 CC. Wasser (1 : 15) und mit 100 CC. Salzsäure und 200 CC. Wasser ausgezogen. Auf der folgenden Tabelle sind die erhaltenen Resultate zusammengestellt.

	Kiesel- säure	Eisenoxyd und Thonerde	Kalkerde	Magnesia
Rohe Erde . . .	0,340	—	—	—
Mit $\frac{1}{25}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ ausgez. Erde	0,344	0,957	0,052	0,013
" $\frac{1}{20}$ " " "	0,600	1,157	0,066	0,022
" $\frac{1}{15}$ " " "	0,763	1,308	0,071	0,056
" $\frac{1}{2}$ " " "	2,630	2,941	0,161	0,201

Die folgende Tabelle zeigt diejenige Menge der Basen und der Kieselsäure, welche bei der Behandlung mit $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{15}$ und $\frac{1}{2}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ mehr in Lösung getreten sind, als bei der mit $\frac{1}{25}$.

	Kiesel- säure	Eisenoxyd und Thonerde	Kalkerde	Magnesia
Mehr in Lösung getreten bei $\frac{1}{20}$	0,260	0,200	0,014	0,009
" " " " " $\frac{1}{15}$	0,423	0,351	0,019	0,043
" " " " " $\frac{1}{2}$	2,296	1,984	0,109	0,188

Zu einer neueren Untersuchung diente eine andere Ackererde von demselben Versuchsfelde; hierbei wurden aber nicht nur das Eisenoxyd, die Thonerde, Kalkerde und Magnesia, sondern auch noch die Alkalien bestimmt. Die rohe Erde enthielt an löslicher Kieselsäure 0,710%; daher mußte auch hier die Erde zunächst mit einer so verdünnten Salzsäure ausgezogen werden, daß die Menge der löslichen Kieselsäure nicht mehr, als 0,710% betrug, hier zeigte sich als die geeignete Verdünnung die von 1 Salzsäure auf 30 Wasser; die Erde wurde dann ferner noch mit $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{20}$ und mit $\frac{1}{10}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ extrahirt.

Die folgende Tabelle zeigt die hierbei gewonnenen Resultate; die meisten Zahlen sind Mittelzahlen von 2 Bestimmungen.

	In der Salz- säure lös- liche Kiesel- säure	darin unlös- liche Kiesel- säure	Sum- ma der lös- liche Kiesel- säure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron	Phosphor- säure
Rohe Erde	—	—	0,710	—	—	—	—	—	—	—
Mit $\frac{1}{30}$ Salzsäure Wasser extrahirte Erde	0,141	0,575	0,716	0,274	0,332	0,094	0,022	0,075	0,005	0,051
Mit $\frac{1}{25}$ Salzsäure Wasser extrahirte Erde	0,200	0,651	0,851	0,377?	0,482	0,102	0,020	0,077	0,024	0,052
Mit $\frac{1}{20}$ Salzsäure Wasser extrahirte Erde	0,260	0,767	1,027	0,332	0,558	0,199	0,016	0,107	0,032	0,070
Mit $\frac{1}{10}$ Salzsäure Wasser extrahirte Erde	0,255	1,095	1,350	0,629	0,884	0,216	0,027	0,114	0,037	0,079

Die folgende Tabelle giebt diejenige Menge der Basen und der Säuren an, welche bei der Behandlung mit $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{20}$ und $\frac{1}{10}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ mehr in Lösung getreten sind, als bei der mit $\frac{1}{30}$.

	In der Salz- säure lös- liche Kiesel- säure	darin unlös- liche Kiesel- säure	Sum- ma der lös- liche Kiesel- säure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron	Phosphor- säure
In Lösung getre- ten bei $\frac{1}{25}$	0,059	0,084	0,143	0,103?	0,150	0,008	?	0,002	0,019	0,001
In Lösung getre- ten bei $\frac{1}{20}$	0,119	0,192	0,311	0,058	0,226	0,105	?	0,032	0,027	0,019
In Lösung getre- ten bei $\frac{1}{10}$	0,214	0,520	0,734	0,355	0,552	0,122	0,005	0,039	0,032	0,028

Die Resultate zeigen, daß in der Ackererde in ver-
dünnter Salzsäure lösliche, also wasserhaltige
Silikate vorhanden sind.

Eine Formel für die Zusammensetzung derselben hier auf-
zustellen, unterlasse ich, da aus der Analyse hervorgeht, daß man
nicht ein, sondern mehrere verschieden zusammengesetzte Silikate
als im Boden enthalten annehmen muß. Die allgemeine Formel
für dieselbe würde sein: $n \text{ SiO}_3 \text{ m R}_2 \text{ O}_3 + o \text{ SiO}_3 \text{ p RO} + q \text{ HO}$.
In dieser Formel stellt $n \text{ SiO}_3 \text{ m R}_2 \text{ O}_3$ den mehr constanten,
dagegen $o \text{ SiO}_3 \text{ p RO}$ den mehr veränderlichen Theil dar.

Diese Untersuchungen bestätigen die von M u l d e r in seiner
Chemie der Ackerkrume ausgesprochene Ansicht von der Anwesen-
heit von wasserhaltigen Silikaten — zeolithartigen Mineralien —
im Boden.

Die Bedeutung dieser Zeolithe, wenn ich sie kurz so nennen darf, hat das Kapitel über die Ursache der Absorption erläutert, so daß in dieser Beziehung nur auf das da Gesagte verwiesen zu werden braucht.

§ 176.

b. Die Verbindungen der Phosphorsäure im Boden.

Was die Verbindungen, in denen die Phosphorsäure im Boden vorkommt anbelangt, so hat das Absorptions-Vermögen des Bodens für diese Säure gezeigt, daß sie in demselben vor allem an Eisenoxyd, Thonerde und Kalkerde gebunden, sowie auch als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia enthalten sein kann. Die eben besprochenen Untersuchungen über die Zeolithe des Bodens haben dargethan, daß im Boden stets noch eine zur Bindung der Phosphorsäure genügende Menge von Eisenoxyd und Thonerde enthalten ist, ja daß, wenn auch die sämtliche Phosphorsäure als an diese beiden Basen gebunden angenommen wird, immer noch ein nicht unbedeutender Theil derselben als Hydrate im Boden enthalten sein kann.

c. Die Verbindungen der Schwefelsäure und des Chlors.

Wenn wir schließlich untersuchen, in welchen Verbindungen wir die Schwefelsäure und das Chlor uns im Boden zu denken haben, so ist zunächst schon vorher bemerkt, daß geringe Menge derselben, mit den einzelnen Basen als entsprechende Salze im Boden enthalten sind, was aus den Gesetzen des Absorptions-Vermögens des Bodens ohne Weiteres gefolgert werden kann. Die größte Menge der Schwefelsäure werden wir indeß im Boden wohl als unlösliche basische Eisenoxyd- und schwerlösliche Kalkerde-Verbindung anzusprechen haben. Der Chlor wird dagegen wohl vorherrschend als Chlornatrium im Boden enthalten sein.

§ 177.

Die organo-mineralische Substanz Grandeau's.

Die bisherige Betrachtung über die Verbindungen, in welchen die Pflanzennährstoffe im Boden vorhanden sind, stützte sich einerseits auf die Kenntnisse, welche wir dem Studium über die

AbSORPTIONSFähigkeit der Ackererde verdanken, und andererseits auf die Begründung dieser Sätze durch direct angestellte Untersuchungen. Wenn auch unserer Ansicht nach die so erhaltenen Aufschlüsse über die Art des Vorkommens der Pflanzennährstoffe im Boden die richtigen sind, so können wir doch nicht unterlassen, die Auffassung eines tüchtigen französischen Gelehrten über diese so wichtige Frage hier zu besprechen. Grandeau hält nämlich nach seinen zahlreichen Versuchen und Untersuchungen die Pflanzennährstoffe, vor Allem die Theile derselben, welche die Fruchtbarkeit eines Bodens bedingen, für in anderer Art gebunden, und zwar befinden sich nach ihm, wie bereits pag. 52 kurz angedeutet, Phosphorsäure, Kieselsäure, Eisenoxyd, Kalkerde, Magnesia und Kali in Verbindung mit Humus. Grandeau nennt diesen Körper die organo-mineralische Substanz. Er hält die Mineralstoffe für die alleinigen Nährstoffe der Pflanzen, die organischen Bodenbestandtheile aber für die Träger derselben, für Vermittler zwischen Boden und Pflanze, welche allein im Stande seien, die mineralischen Bestandtheile des Bodens in eine den Pflanzen zugängliche lösliche Form überzuführen.

Diese organo-mineralische Substanz wird nach Grandeau durch Extraction der Erde mit verdünnter Salzsäure, resp. Drallsäure, Auswaschen und darauf folgende Extraction mit Ammoniak oder durch alleinige Extraction mit kohlensaurem Ammoniak erhalten. Das in Ammoniak resp. kohlensaurem Ammoniak Lösliche ist die organo-mineralische Substanz Grandeau's und besteht nach ihm aus Phosphorsäure, Kieselsäure, Eisenoxyd, Kalkerde, Magnesia und Kali in inniger Verbindung mit Humus.

Grandeau hat ferner die folgenden Beweise für seine Theorie erbracht:

1. Die organo-mineralische Substanz im Dialysator von destillirtem Wasser durch eine vegetabilische Membran getrennt, tritt in der Art in das Wasser über, daß die mit der Humussubstanzen verbundenen Mineralstoffe nach gewisser Zeit zum großen Theile durchgegangen sind, während die Humussubstanzen in der Lösung zurückbleiben.

2. Grandeau füllte einen Blumentopf (I) mit lufttrockener, russischer Schwarzerde im natürlichen Zustande (ca. $\frac{1}{2}$ Ko.) und einen zweiten (II) mit derselben Menge dieser Erde, welche jedoch vorher mit verdünnter Salzsäure (pro Ltr. 10 cc. der concentrirten Säure) und dann mit Ammoniak extrahirt und so der organo-mineralischen Substanz beraubt war. In beide Töpfe säete er je drei Erbsen, von denen je 2 bald nach dem Aufgehen entfernt wurden, so daß in jedem Topfe nur eine Pflanze zurückblieb. Die in dem Topfe I befindliche Pflanze entwickelte sich vollkommen normal, blühte und brachte Früchte; die des Topfes II dagegen erzeugte nur wenige Blätter, welche bald vertrockneten und abfielen, kränkelte überhaupt fortwährend und starb schließlich. Die Behandlung beider Pflanzen während der Vegetation war eine vollständig gleichmäßige.

3. Grandeau füllte je 2 Kästen mit einem Kalk- und je 2 mit einem Thonboden in der Art, daß je einer derselben einen Zuschuß eines an sich absolut unfruchtbaren Torfbodens erhielt. Ferner wurden alle vier Kästen

mit phosphorsaurem Kalk gedüngt. Die Kästen waren 1 Mtr. hoch und hatten eine Oberfläche von 1 □ Mtr. Alle vier Kästen wurden mit Chevaliergerste bestellt.

Das Ernte=Resultat war folgendes :

	Ernte= Gewicht (Körner u. Stroh) Ko.	Gehalt an in Ammo- niak löslicher schwarzer Substanz %	darin Phosphor- säure %	Anmerkungen.
I. Kasten (Kalk- boden) . .	0,430	0,98	0,03	} Stroh kurz, wenig u. geringe Körner.
II. Kasten (Kalk- boden u. Torf)	0,800	1,14	0,10	
III. Kasten (Thon- boden) . .	0,600	1,20	0,06	} Stroh um 0,2 m. länger, als im Kasten I. Große Körner.
IV. Kasten (Thon- boden u. Torf)	0,775	2,22	0,08	

4. Grandea u verwandte zu Vegetationsversuchen mit Salzsäure und Salpetersäure extrahirten und geglühten Sandboden, welcher mit der schwarzen Substanz gedüngt wurde, um so die Dialyse derselben durch die lebende Membran zu studiren. Als Pflanzen dienten Gerste und Roggen, welche zur Ernährung eine sehr verdünnte Lösung der schwarzen Substanz, extrahirt aus der russischen Schwarzerde, erhielten, die so lange gekocht, bis das Ammoniak aus ihr verschwunden war. (?) Die Lösung reagirte neutral, war vollkommen geruchlos, und glich einem etwas starken Aufguß von schwarzem Kaffee. Mit dieser Lösung wurden die Pflanzen vom 7. April bis 15. Juni ernährt; sie entwickelten sich hierbei vollkommen normal; der Roggen schoßte und hatte drei Stengel, die Gerste 2, die Roggenpflanze war am 15. Juni 0,27 Mtr., die Gerstenpflanze 0,24 Mtr. hoch und das Wurzelnetz reichlich entwickelt. Bereits nach Verlauf der ersten 8 Tage war die den Boden durchtränkende Flüssigkeit fast entfärbt: die schwarze Substanz hatte sich in Flocken abgesetzt; es wurde deshalb die jetzt sauer reagirende Flüssigkeit entfernt, mit destillirtem Wasser nachgewaschen und eine neue Quantität der schwarzen Substanz dem Boden hinzugefügt, was man während des Versuches 4 Mal wiederholte. Die Untersuchung der abgesehiebenen schwarzen Substanz, sowie die der entfärbten Lösung ergab, daß die gesammte Kieselsäure der schwarzen Substanz von der Pflanze absorbiert war. Die filtrirte Lösung ferner gab eine gräulichweiße Asche, welche vorwiegend aus kohlen-saurem Kalk, etwas Eisenoxyd und Spuren von phosphorsaurem Eisenoxyd bestand. Die reich entwickelten Wurzeln der Pflanzen waren durchaus ungefärbt, ihnen hingen wenige jener schwarzen Flocken an. Die alleinige Berührung mit der Luft veränderte die schwarze Lösung in der oben beschriebenen Art nicht, sie blieb dunkel gefärbt, neutral und ließ nur einige, wenige Flocken fallen.

Hiernach glaubt Grandea u als Endresultat der Entwicklung einer Pflanze in Berührung mit der schwarzen Substanz folgendes hinstellen zu sollen. Zerstörung der organo-mineralischen Verbindung, Assimilation der

Kieselsäure, Phosphorsäure, eines Theiles der Kalkerde, des Kalis, durch die Pflanze, Bildung von kohlensaurem Kalk aus dem ursprünglich als Kieselsäure-Verbindung (?) vorhandenen Kalke einerseits und der producirten Kohlensäure anderseits. „Die organische Substanz wäre demnach der Träger der mineralischen Pflanzennährstoffe, aber sie wäre selbst in keiner Weise ein Nährstoff, da sie nicht durch die Wurzeln aufgenommen wird und so nach im Boden verbliebe, um mehr oder weniger schnell in Folge einer langsamen Verbrennung zu verschwinden.“

5. Schließlich untersuchte Grandeau eine große Anzahl Böden von sehr verschiedener, geologischer und chemischer Beschaffenheit, welche sich ihrem sonstigen Charakter nach in folgende 3 Hauptgruppen bringen lassen:

1. Ackererden, die nie gedüngt worden sind, trotzdem aber jedes Jahr sehr gute Ernten hervorbringen. (3 Böden).
2. Ackererden, die eine regelmäßige Düngung erhalten und je nach dieser wechselnde Ernten geben. (14 Böden).
3. Waldböden, die nie gedüngt werden, trotzdem aber unerschöpflich fruchtbar erscheinen. (16 Böden).

Diese Böden wurden in lufttrockenem Zustande chemisch in der Art, wie gebräuchlich, untersucht, außerdem aber die „schwarze Substanz“ und die mit dieser gleichzeitig extrahirte Phosphorsäure bestimmt.

Die sämmtlichen durch die Analysen erhaltenen Zahlen kann ich hier des Raumes wegen nicht wiedergeben, sondern muß mich auf einige wenige beschränken. Bemerket sei indeß, daß die Zahlen in den einzelnen Bestandtheilen zwar wesentliche Differenzen ergaben, aber doch ein entscheidendes Urtheil über die einzelnen Böden nicht zulassen. Die Mittelzahlen betreffs des Gehaltes an organischer Substanz und extrahirter schwarzer Substanz scheinen dagegen bestimmte Beziehungen erkennen zu lassen. Es wurde gefunden:

	Gesammte organische Substanz		Extrahirte schwarze Substanz	
	Mittel %	Schwankungen %	Mittel %	Schwankungen %
Ackererde I (ohne Düngung fruchtbar)	6,79	5,83—7,44	2,09	0,62—4,20
Waldboden (ohne Düngung fruchtbar)	6,71	1,05—12,18	1,41	0,09—3,18
Ackererde II (mit Düngung fruchtbar)	5,68	2,55—11,24	0,76	0,44—1,33

Das Verhältniß zwischen Gesammtphosphorsäure und der in der schwarzen Substanz enthaltenen, ist, aus den Mittelzahlen berechnet, bei den 3 Bodenklassen:

Ackererde I = 1 : 0,71.

Waldboden = 1 : 0,21.

Ackererde II = 1 : 0,06.

Ich habe die von Grandeau für seine Theorie erbrachten Beweise bisher ohne Kritik und ganz objectiv dargelegt und glaube jetzt die einzelnen Punkte in ihrer Beweisfähigkeit, wenn auch nur in Kürze, beleuchten zu sollen.

1. Nach Grandeau befinden sich in der schwarzen Substanz die unorganischen Nährstoffe mit der Humussubstanz in inniger Verbindung, und jene sind durch die Vermittelung dieser gelöst und auch im Boden bereits mit derselben verbunden. Diese Ansicht würde als richtig anerkannt werden können, wenn durch Ammoniak aus Böden, welche keinen Humus enthalten, die betreffenden Pflanzennährstoffe nicht extrahierbar wären, und wenn Ammoniak auf die einzelnen, hier in Rede stehenden unorganischen Verbindungen keine lösende Kraft ausübte. Grandeau hat diese beiden Beweise nicht erbracht.

Daß Ammoniak, ebenso wie Kali oder Natron, eine gewisse Menge von Humussubstanzen aus Ackererde löst, ist bekannt. Ebenso ist nach den vorliegenden Absorptions-Versuchen bekannt, daß bei der Absorption des Ammoniaks — denn eine solche liegt doch hier vor — andere Basen in Lösung treten. Weniger bekannt möchte dagegen die lösende Wirkung sein, welche Ammoniak auf die phosphorsauren Verbindungen des Bodens ausübt. Die Phosphorsäure finden wir im Boden bekanntlich vorherrschend an Eisenoxyd, Thonerde und Kalkerde gebunden. Läßt man nun verdünntes Ammoniak (nach Vorschrift Grandeau's) auf phosphorsaures Eisenoxyd, phosphorsaure Thonerde und phosphorsaure Kalkerde einwirken, so tritt stets eine gewisse Menge Phosphorsäure mit der betreffenden Basis*) in Lösung. Ebenso vermag Ammoniak frisch gefällte Kieselsäure in nicht unerheblichen Mengen zu lösen.**)

Wir sehen hieraus, daß Ammoniak ohne die Gegenwart von Humuskörpern, Phosphorsäure, Kieselsäure, sowie die Basen zu lösen vermag; es ist somit das Vorhandensein dieser unorganischen Pflanzennährstoffe in dem ammoniakalischen Boden-Extrakte ohne die lösende Wirkung der Humuskörper erklärt.

Der andere Beweis, daß Ammoniak aus Böden, welche frei von Humuskörpern sind, ebenfalls die unorganischen Nährstoffe

*) Das phosphorsaure Eisenoxyd war aus phosphorsaurem Natron und Eisenchlorit unter Vermeidung jeglichen Ueberschusses des einen oder anderen Salzes dargestellt und auf's Sorgfältigste ausgewaschen. Wenn nicht große Sorgfalt bei der Darstellung angewendet wird, so erhält man nicht die gewöhnliche Verbindung. Enthält das phosphorsaure Eisenoxyd eine geringe Menge Phosphorsäure in Ueberschuß, so löst sich dasselbe vollständig in Ammoniak auf und giebt eine schöne tiefrothe Lösung.

***) Der Versuch wurde mit aus Wasserglas durch Salzsäure gefällter und auf's Sorgfältigste ausgewaschener Kieselsäure gemacht.

auszieht, ist etwas schwerer zu liefern, da die Culturböden bekanntlich alle mehr oder weniger Humus enthalten und man somit diese Körper erst zerstören muß. Die Entfernung der Humuskörper durch Anwendung höherer Temperatur übt aber zugleich einen Einfluß auf die unorganischen Bestandtheile aus, indem dieselben durch das Glühen, wie ja bekannt, wesentlich unlöslicher werden.

Bei einem Versuch, der von mir und Boigt gemacht wurde, und bei welchem der mit Salzsäure (nach Grandeau's Vorschrift) extrahirte Boden der Art geglüht war, daß sämtliche organische Stoffe zerstört und die Erde vollständig roth ausfiel, wurden gelöst: 0,08 %; derselbe Boden, ungeglüht hatte an Ammoniak 0,26 % unorganische Nährstoffe abgegeben. Beide Auszüge enthielten Phosphorsäure und Kieselsäure in nicht unwesentlichen Mengen, ferner geringe Mengen Kalkerde, Magnesia, Kali und Natron, letzterer außerdem noch wesentliche Mengen Eisenoxyd, von dem ersterer nur geringe Mengen zeigte. Gerade das Eisenoxyd wird bekanntlich vor Allem durch das Glühen unlöslicher.

Dieser letzte Versuch, im Verein mit dem, was vorher über das Verhalten des Ammoniaks gegen die unorganischen Nährstoffe angeführt ist, läßt wohl den sicheren Schluß zu, daß Ammoniak ohne Vermittelung der Humuskörper die betreffenden unorganischen Pflanzennährstoffe zu lösen im Stande ist, daß somit jene auch nicht als die Träger dieser anzusehen sind.

Den Beweis dafür, daß die durch Ammoniak gelösten Stoffe mit einander eine eigenthümliche Verbindung bilden, glaubt Grandeau in dem Umstande zu finden, daß in der Lösung der schwarzen Substanz die einzelnen unorganischen Körper durch ihre bezüglichen Reagentien nicht nachgewiesen, sondern daß dieselben erst nach Zerstörung der Humussubstanz erkannt werden können. Einen durchgreifenden Beweis möchte ich in dieser Thatsache nicht erblicken, da ja bekannt ist, daß gelöste Humussubstanzen die Fällung mit ihnen gelöster unorganischer Körper sehr erschweren.

Der Versuch im Dialysator beweist weder für noch gegen eine Verbindung irgend etwas. Daß Humuskörper nicht diffundiren, ist bereits früher nachgewiesen, andererseits kennen wir die Diffusionsfähigkeit der betreffenden unorganischen Körper.

2. Die Versuche mit der natürlichen und ihrer schwarzen Substanz beraubten russischen Schwarzerde können ebenfalls nicht als voll beweiskräftig angesehen werden. Daß ein Boden, der zunächst mit verdünnter Salzsäure und dann noch mit Ammoniak behandelt ist und an beide das in denselben Lösliche abgegeben hat, seine Fruchtbarkeit ganz oder zum Theil einbüßt, ist wohl ohne die Grandeau'sche Theorie leicht erklärlich. Hätte Grandeau

natürliche russische Schwarzerde (1), mit verdünnter Salzsäure extrahirte (2), dann solche, welche der schwarzen Substanz beraubt (3), und schließlich letztere, gedüngt mit den nothwendigen mineralischen Nährstoffen (4) zu diesen Versuchen benutzt und so gefunden, daß die zweite Erde noch dieselbe Fruchtbarkeit besaß, als die erste, und daß die 4. der 1. trotz der zugeführten mineralischen Nährstoffe in ihrer Fruchtbarkeit bedeutend nachstand, so hätte er einen schönen Beweis für die Bedeutung der organo-mineralischen Substanz für das Pflanzenleben geliefert.

3. Die Versuche mit Thon- und Kalkboden, bei welchen je ein Kasten noch einen Zusatz von Torf erhalten hatte, beweist nur die günstige Wirkung des Torfes als Meliorationsmittel, welche ja aber bereits bekannt war.

4. Die Versuche, bei welchen die schwarze Substanz als Nährstofflösung benutzt und hier günstig gewirkt hat, würden dann voll beweiskräftig sein, wenn nebenbei Versuche mit mineralischen Nährstofflösungen gegangen und das Resultat erhalten wäre, daß die schwarze Substanz einen weit größeren Effect hervorgebracht hätte, als die mineralische Nährstofflösung.

Auffallend ist hierbei, daß Gerste und Roggen, ohne daß nach Grandea u's Angabe gebundener Stickstoff in der Lösung war, die schöne Entwicklung erreicht haben, da wir sonst doch wissen, daß gerade die blattarmen Cerealien an dem gebundenen Stickstoff der atmosphärischen Luft nicht genug haben. Sicherlich ist die Nährstofflösung aber noch nicht ammoniakfrei gewesen, da ja das Ammoniak von dem Humus so außerordentlich fest gehalten wird.

5. Was schließlich die Resultate der Bodenanalysen anbelangt, so wollen auch diese mir in dem Grade nicht beweiskräftig erscheinen, als sie von Grandea u dafür gehalten werden. Wenn auch die Mittelzahlen, welche bei der Bodenklasse I aus 3 Böden, bei Bodenklasse II aus 16 und Bodenklasse III aus 14 Böden erhalten sind, bestimmte Beziehungen gegeben zu haben scheinen, so ist doch nicht unbeachtet zu lassen, daß erstlich zu diesen Mittelzahlen bei jeder Bodenklasse eine sehr differirende Anzahl Böden benutzt und daß die Schwankungen im Gehalte an gesammter organischer Substanz und an der organo-mineralischen sehr bedeutende sind, so daß, wenn bei der einen oder anderen Gruppe ein oder einige Böden weggelassen, wohl ganz andere Zahlen erhalten worden wären.

Zur weiteren Illustration dieser Zahlen führe ich noch einige Untersuchungen von Boigt und mir an, welche ebenfalls der Grandea u'schen Theorie das Wort nicht reden.

1. Ein Sandboden, nach *Grandeaus*'s Vorschrift behandelt, ergab an organo-mineralischer Substanz

0,045 ‰, welche
aus 0,015 ‰ unorganischen
und 0,030 ‰ organischen

Bestandtheilen bestand. Der Fruchtbarkeitszustand dieses Sandbodens, der allerdings auch kein hoher ist, wäre hiernach sehr gering. Nichtsdestoweniger hat derselbe ungedüngt pro Hectar

1874: 11075,5 Ko. lufttrockener Ernte mit 2843 Ko. Samen (Lupinen),

1875: 9070 Ko. lufttrockener Ernte mit 3120 Ko. Samen (Lupinen),

1877: 1608,1 Ko. lufttrockener Ernte mit 512,8 Ko. Samen (Roggen)

gegeben.

2. Von dem Versuche mit schwerem Boden (siehe pag. 142) wurde der Boden der ungedüngten und der jährlich mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngten Parcellen auf ihren Gehalt an organo-mineralischer Substanz untersucht und hier gefunden:

	Ungedüngt	Mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt
Unorganische Bestandtheile	0,265 ‰	0,260 ‰
Organische Bestandtheile	0,225 ‰	0,260 ‰
	0,490 ‰	0,520 ‰

Der Fruchtbarkeitszustand beider Böden ist hiernach als ein gleicher hinzustellen. Die auf der ungedüngten und mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngten Parcellen erhaltenen Ernten sind dagegen in den 10 Jahren, vor Allem bei den Cerealien, wesentlich differirend, wie die folgenden Zahlen der Gesamternte darthuen.

Jahrgang	Frucht	Ungedüngt	Mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt
1869	Hafer	2910	8975
1870 ¹⁾	Hafer	409	411
1871	Hafer	690	14452
1872	Wicken	8065	9447
1873	Roggen	3350	17820
1874 ¹⁾	Klee	12471,5	3942 ²⁾
1875 ¹⁾	Roggen	5325	3833
1876	Erbsen	11250	8735
1877	Roggen	2497	18988
1878	Kartoffel	9780	39055

¹⁾ In dem Jahre nicht von Neuem mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngt.

²⁾ Der Roggen vorher lagerte, wodurch ein Theil des Klees erstickt worden war.

Diese Zahlen zeigen die durch die Düngung in der Ertragsfähigkeit hervorgerufene große Verschiedenheit beider Böden ohne jeden Commentar.

Nach allem Angeführten halte ich mich zu folgenden Schlüssen berechtigt:

1. Es ist kein schlagender Beweis dafür erbracht, daß die unorganischen Pflanzennährstoffe im Boden mit Humus in Form der organo-mineralischen Substanz Grandeau's verbunden, vorhanden sind.

2. Aus diesem Grunde müssen die unorganischen Nährstoffe bis jetzt noch als in denjenigen Verbindungen, wie dieselben im § 174 und § 175 besprochen, im Boden vorhanden, betrachtet werden.

3. Die Humuskörper sind somit auch nicht die Träger der unorganischen Pflanzennährstoffe und

4. der Gehalt eines Bodens an organo-mineralischer Substanz bedingt den Fruchtbarkeitszustand desselben nicht.

§ 178.

Wenn wir so versucht haben, die Verbindungen in denen die Pflanzennährstoffe im Boden vorkommen, kurz zu kennzeichnen, was für die Düngung von großer Wichtigkeit ist, so muß noch darauf hingewiesen werden, daß im Boden nur mit Ausnahme der Zeit, wo die Winterkälte denselben durchdringt und Alles erstarren läßt, Ruhe herrscht, daß aber in der ganzen übrigen Zeit stets Bewegung in demselben stattfindet, welche in Umsetzung der bestehenden und Bildung neuer Verbindungen besteht. Wenn der Landwirth von der Brache sagt, daß der Boden während derselben ruht, so ist dies in seinem Sinne wohl richtig, insofern als er den Chemismus des Bodens nicht durch die Cultur anregt, dieser selbst ist aber fortwährend in Thätigkeit und ruht absolut, wie gesagt nur, wenn der Boden während des Winters gefroren ist.

§ 179.

C. Die chemische Analyse des Bodens.

In Betreff des Bildes, welches wir durch die chemische Analyse vom Boden erhalten, sei hier noch Folgendes erwähnt.

Der wässerige Auszug aus einem Boden zeigt diejenigen Stoffe, welche derselbe in löslicher Form enthält und welche also dem Pflanzenwachsthum zur Zeit zur Disposition stehen. Da aber die Verbindungen, in welchen die Pflanzennährstoffe im

Boden enthalten sind, nicht absolut unlöslich, sondern nur schwerlöslich sind, so kann auch ein Boden nie durch Wasser vollständig erschöpft werden, sondern neue Mengen von Wasser werden auch stets neue Mengen von Pflanzennährstoffen lösen. Ich verweise in Betreff dieses Ausspruches auf meine Untersuchungen, welche pag. 53 mitgetheilt sind.

Der wässerige Auszug enthält alle Stoffe, welche die Pflanzen zu ihrer Ernährung bedürfen, wie dies die folgenden Zahlen darthun.

100 Grm. Ackererde (dieselbe Erde, welche zu den vorher zuletzt beschriebenen Untersuchungen über die Silikate des Bodens diente), wurde mit 230 CC. Wasser eine Woche lang in Berührung gelassen, dann das Lösliche abfiltrirt und auf die Basen und die Kieselsäure untersucht; in derselben wurden gefunden:

Kieselsäure	0,0220 Grm.
Kalkerde	0,0116 "
Magnesia	0,0042 "
Kali	0,0112 "
Natron	0,0056 "

Auf Phosphorsäure war dieser Auszug nicht geprüft worden; daß aber auch diese stets im wässerigen Auszuge der Ackererde vorhanden ist, ergibt sich aus folgenden Daten:

1250 Grm. Ackererde wurden im Trichter nach und nach mit so viel Wasser übergossen, daß das Filtrat = 2500 Ccm. war; hierbei wurde an Phosphorsäure gefunden:

bei Ackererde A, welche in con. Salzsäure	0,137 %	PO ₅ enthält,	0,0057 %
" Untergrund A, welcher in con. "	0,147 "	" "	0,0026 "
" Ackererde B, welche in con. "	0,165 "	" "	0,0053 "
" Untergrund B, welcher in con. "	0,153 "	" "	0,0019 "

Der salzsaure Auszug im Verein mit der durch Behandlung des Unlöslichen mit kohlensaurem Natron erhaltenen Kieselsäure repräsentirt ferner, je nach der Stärke der angewendeten Säure, die Pflanzennährstoffe, welche theilweise während der jeweiligen Cultur den Pflanzen zu Gebote stehen, theilweise diejenigen, welche der Boden in der nächsten Zeit für dieselben disponibel hat.

Das in Salzsäure und kohlensaurem Natron Unlösliche, bestehend aus Thon, Sand und den Gesteinstrümmern, zeigt uns dagegen den Reichthum resp. die Armuth eines Bodens für die Zukunft.

Hervorgehoben muß hier ferner noch werden, daß die chemische Analyse eines Bodens immer nur einen beschränkten Nutzen gewährt und die Resultate derselben nie die Verwendung finden dürfen, wie es vielfach geschehen ist und auch noch geschieht.

Die erste Schwierigkeit, welche bei der Untersuchung der Ackererden uns entgegentritt, ist die, daß wir unmöglich oder wenigstens sehr schwer durch die von der Ackerfläche entnommenen Proben ein wahres Bild vom Boden erhalten können. Da die Analyse nur die Probe repräsentiren kann, so folgt daraus, daß sie auch nie oder doch nur sehr selten ein wahres Bild vom Boden zu geben im Stande ist.

Ist die chemische Analyse mit der mechanischen in der Prüfung auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens verbunden, wird diese Untersuchung ferner auf eine Anzahl von Proben eines Feldes ausgedehnt, so steigt natürlich der Nutzen, den eine solche Untersuchung gewährt, wesentlich. Daß aber eine derartige Untersuchung bedeutende Zeit in Anspruch nimmt, braucht wohl kaum erwähnt zu werden; ob der Nutzen immer mit der aufgewendeten Zeit im Verhältniß steht, wage ich nicht zu entscheiden; bezweifle es aber.

Hiermit soll jedoch durchaus nicht gesagt werden, daß die chemische Analyse des Bodens entbehrlich sei, es soll nur vor zu weitgehenden Folgerungen aus derselben gewarnt werden. Wollte man z. B. aus der Zusammensetzung eines Feldes, dessen Fruchtbarkeit bekannt ist, durch Vergleichung derselben mit der eines andern auf die Fruchtbarkeit resp. Unfruchtbarkeit dieses schließen, so würde man gewiß zu Trugschlüssen gelangen.

Die chemische Analyse kann aber über das Fehlen eines nothwendigen Nährstoffes, resp. das Vorhandensein eines schädlichen Aufschluß geben und uns deshalb veranlassen, den fehlenden zuzuführen und den schädlichen zu entfernen. Zeigt z. B. die Analyse, daß der Boden keine Phosphorsäure oder nur Spuren derselben enthält, so wird uns dieses veranlassen, dieselbe dem Boden zuzuführen; erfährt man ferner durch dieselbe, daß im Boden Eisenoxydul vorhanden ist, so giebt dies Veranlassung, durch entsprechende mechanische Bodenbearbeitung, durch Zuführung von Kalk u. s. w. diesem Uebelstande abzuhelpfen.

Boden-Analysen sind daher hier nicht weiter angeführt, sondern es wird in Betreff derselben auf das im Kapitel über die Absorption Gegebene verwiesen.

Die große Gefährlichkeit des Eisenoxydul für die Pflanze hatte ich im vorigen Jahre Gelegenheit im Großen zu beobachten. Ein Feld, ca. 2 Hectar groß, mit ziemlich schwerem Thonboden, war im Mai mit Rüben bepflanzt worden. Ende August, als ich das Feld sah, zeigten sich die Rüben in der Mitte des Feldes und zwar wenigstens auf einer Fläche von $\frac{1}{2}$ Hectar, welche tiefer lag, — es bildete eine Art Mulde — derartig in der Entwicklung zurückgeblieben, daß die Wurzeln im Mittel pro Stück ein Gewicht von 15, das

Kraut ein solches von 12 Grm. hatten. Die chemische Untersuchung des Bodens ergab in demselben 0,97 % Eisenoxydul; in den Wurzeln und den Blättern wurde ebenfalls Eisenoxydul und zwar je 0,003 % in der frischen Substanz gefunden. Interessant ist, daß sich dieses Stück Feld gegen Raps, Weizen und Klee ebenso verhalten hatte, indem auch diese Früchte vollkommen verkümmerten, während dagegen Kraut und Kohlrabi, mit welchem zwischen den Rüben 3 Dämme zufällig bepflanzt waren, in der Entwicklung gegenüber den anderen Pflanzen keine nachtheilige Einwirkung des Eisenoxyduls erkennen ließen: Eisenoxydul war indeß im Kraut, sowie im Kohlrabi auch nicht nachweisbar. Weder die Rüben noch die anderen Pflanzen enthielten ungewöhnliche Menge Eisenoxyd. Eine auf meinen Rath in demselben Herbst vorgenommene starke Kalkdüngung hatte der im nächsten Jahre folgenden Gerste derartig geholfen, daß von dieser eine Mittelernte erhalten wurde.

§ 180.

D. Die physikalischen Eigenschaften der Ackererden.

Auf die hohe Bedeutung der physikalischen Eigenschaften eines Bodens für die Cultur und daher auch für die Düngung kann nicht genugsam hingewiesen werden. Durch die Düngung sollen wir nicht allein dem Boden die ihm durch die Ernte entzogenen Pflanzennährstoffe wieder ersetzen, sondern zugleich auch auf die physikalischen Eigenschaften desselben verbessernd einwirken. Aus diesem Grunde wird z. B. der Stalldung nur bei den in wirklich hoher Cultur stehenden Bodenarten durch die sogenannten chemischen Dünger d. h. solche, welche nur die den Pflanzen nothwendigen Nährstoffe enthalten, ersetzt werden können, da diese die physikalisch günstige Wirkung, die der Stalldung auf den Boden ausübt, nicht oder nur in geringem Grade besitzen.

Im Vorhergehenden sind schon die physikalischen Eigenschaften der im Boden wegen ihrer Menge und deshalb hervorragenden Bestandtheile besprochen worden; wir haben nun noch den Boden als solchen in dieser Beziehung zu betrachten, und die physikalischen Eigenschaften desselben, soweit sie mit dem Pflanzenwachsthum im Zusammenhang stehen, näher ins Auge zu fassen.

a. Die wasserfassende und wasserhaltende Kraft des Bodens.

Unter wasserfassender¹⁾ Kraft eines Bodens wird diejenige Kraft verstanden, vermittelt welcher derselbe eine be-

¹⁾ Die wasserfassende Kraft finden wir auch als wasserhaltende Kraft und dann die wasserhaltende als wasseranhaltende Kraft bezeichnet.

stimmte Menge Wasser aufzunehmen, und unter wasserhaltender (auch wasseranhaltender, besser wohl noch wasserzurückhaltender) Kraft diejenige Kraft eines Bodens, vermöge welcher derselbe eine gewisse Zeit lang, je nach den Temperatur-Verhältnissen, aufgenommenes Wasser festzuhalten im Stande ist.

H. Meyer verwirft die Ausdrücke „wasserfassende“ und „wasserhaltende“ Kraft, indem er die Bezeichnungen „volle Wassercapacität“ und „absolute“ oder „kleinste Wassercapacität“ eingeführt wissen will. Nach Mayer ist die volle Wassercapacität seiner erdartiger Gemische „eine Funktion der relativen Raumerfüllung der festen Bodenelemente; in Volumen ausgedrückt ist sie unabhängig vom spec. Gewicht dieser Elemente.“ Von der vollen Wassercapacität sagt Mayer ferner noch, „daß sie im Allgemeinen mit der Feinheit des Pulvers, mit der gleichmäßigeren Korngröße desselben und mit der Porosität der festen Elemente steigt.“ Hiernach wäre der Ausdruck „volle Wassercapacität“ annähernd identisch mit dem, was bis jetzt unter wasserfassender Kraft verstanden wird. Was bis jetzt wasserhaltende Kraft genannt wurde, ist nach Mayer „entweder identisch mit dem Condensationsvermögen, oder, wenn sie weiter gefaßt wird, ein Zusammenwirken von verschiedenen Kräften, deren eine das Condensationsvermögen ist.“ Die Erklärung für absolute oder kleinste Wassercapacität giebt Mayer wie folgt: Er sagt: „Ich nenne sie absolut, weil sie nur abhängig ist von der Natur des das Wasser zurückhaltenden porösen Mediums, kleinste, weil sie das Minimum von Wasser ist, welches von ihm unter allen Umständen bei Zurverfügungstellung eines Ueberschusses fest gehalten wird.“ Ich habe Mayer's Definitionen wörtlich angeführt, um nicht den Vorwurf zu erhalten, das von Mayer mit „klaren“ Worten Ausgesprochene „unklar“ wiedergegeben zu haben. Ich halte dafür, daß in die Wissenschaft und vor Allem in die Praxis seit Jahrzehnten eingeführte Beziehungen nicht so ohne Weiteres und auf Grund lange nicht ausreichender Versuche, wie sie Mayer uns vorführt, über den Haufen geworfen werden dürfen. Die Bezeichnungen „wasserfassende“ und „wasserhaltende“ sind jedem gebildeten Landwirthe und Forstmann geläufig; die Mayer'schen Definitionen für seine Bezeichnungen werden dagegen so leicht und so bald nicht allgemein Eingang finden. Auf ein weiteres Eingehen auf die Mayer'sche Abhandlung muß ich des Raumes wegen, und da hier dazu wohl der geeignete Platz nicht sein würde, verzichten.

Als nicht uninteressant mag nur noch angeführt werden, daß Mayer am Schlusse des Kapitels, wo er eine Art Recapitulation giebt, die Bezeichnung „wasserhaltende Kraft“ beibehält, indem er z. B. „von verhältnißmäßig feuchten Böden bei mäßiger Regenmenge sagt, daß dies unter den durchlässigen Böden solche sein werden, welche eine große wasserhaltende Kraft besitzen.“

Versuche über die wasserfassende und wasserhaltende Kraft von Boden-Elementen und Bodenarten liegen mehrere vor; ich gebe in den folgenden Tabellen die von Schübler, Trommer und mir erhaltenen Zahlen:

1. Wasserfassende Kraft.

	Schübler	Trommer	E. Heiden
1. Quarzsand aus abgerundeten Körnern bestehend	25	26	—
2. Quarzsand mit vielen Glimmerblättchen	—	32	—
3. Kalksand	29	29	—
4. Kohlenaurer Kalk in Pulverform	85	80	—
5. Kohlenaurer Magnesia	256	—	—
6. Gyps in Erdgestalt	27	—	—
7. Lettenartiger Thon	40	40	—
8. Lehmartiger Thon	50	50	—
9. Keiner grauer Thon	70	70	—
10. Weißer Thon	—	74	—
11. Gelber Thon	—	68	—
12. Geschlemmter Feldspath	—	54	—
13. Kieselsäure, aus kieselaurer Kali dargestellt	—	241	—
14. Humusäuren	181	—	1200 (aus Torf)
15. Humus	—	180	—
16. Lehmboden	52	—	40
17. Weizenboden aus Kujavien	—	58	—
18. Fruchtbarer Mergelboden (26% kohlenaurer Kalk und 30% Kalk enthaltend)	—	59	—
19. Gerstland zweiter Klasse	—	47	—
20. Strenger Weizenboden (mit 8% kohlenaurer Kalk)	—	61	—
21. Torf	—	—	200,7
22. Indifferente Humusstoffe (aus Torf angestellt)	—	—	644,7

2. Wasserhaltende Kraft.

	Schübler.		
	Von 100 Theilen absorbirten Wassers verdunsteten bei 15° R. in 4 Stunden:	Von 100 Theilen aufgenommenen Wassers verdunsteten 90 Theile bei + 15° R. in:	
		4 Stund.	4 Min.
Quarzsand	88,4 Theile	4	44
Kalksand	75,9 "	4	1 "
Gyps in Erdgestalt	71,7 "	5	1 "
Lettenartiger Thon	52,0 "	6	55 "
Lehmartiger Thon	45,7 "	7	52 "
Keiner grauer Thon	31,9 "	11	17 "
Kohlenaurer Kalk (in feinem Zustande)	28,0 "	12	51 "
Kohlenaurer Magnesia	10,8 "	33	20 "
Humusäuren	20,5 "	17	33 "
Lehmboden	32,0 "	11	15 "

Wir haben jetzt zu untersuchen, in welcher Beziehung diese Boden-Eigenschaften zum Wachsthum der Pflanzen stehen. Die Pflanzen gebrauchen, wie wir beim Kapitel „Wasser“ gesehen haben, eine bedeutende Menge von Wasser, welche sie, wie die Darlegung daselbst zeigte, zum größten Theil dem Boden entnehmen, und welche somit dieser zu liefern hat. Hieraus folgt, daß ein fruchtbarer Boden eine nicht geringe wasserfassende und wasserhaltende Kraft besitzen muß, ja, man könnte sogar hieraus schließen, daß der Boden der beste sei, welcher den Pflanzen die größte Menge von Wasser zu bieten vermag. Dieser Schluß würde ein gerechtfertigter sein, wenn die große wasserfassende und wasserhaltende Kraft eines Bodens mit keinen anderen für das Wachsthum der Pflanzen nachtheiligen Eigenschaften verbunden wäre; daß dieses aber der Fall ist, weiß jeder Landwirth. Ein nasser Boden ist stets ein kalter Boden, denn er enthält viel Wasser, welches das Bestreben Gasform anzunehmen hat, und welches, um dies Bestreben realisiren zu können, viel Wärme gebraucht, die es seiner Umgebung, also dem Boden, entzieht. Andererseits erwärmt sich ein nasser Boden langsamer als ein feuchter, da das Wasser zum Erwärmen wegen seiner großen Wärmecapacität viel Wärme bedarf. Wenn ferner in einem Boden die Poren mit Wasser gefüllt sind, so vermag die Luft nicht in dieselben einzudringen und so nicht ihre wohlthätigen und durchaus nothwendigen Wirkungen auszuüben. Ein große wasserfassende und wasserhaltende Kraft besitzender Boden verdankt diese Eigenschaft vor Allem seinem bedeutenden Gehalt an Thon und Humus. Die Uebelstände, welche diese für die Bestellung hervorbringen, sind erwähnt worden; ein solcher Boden kann z. B. im Frühjahr erst spät bestellt werden. Die Folge eines zu großen Wassergehaltes im Boden ist für die meisten Pflanzen ein Kränkeln und Eingehen.

Aus alledem geht hervor, daß ein Boden von mittlerer wasserfassender und wasserhaltender Kraft als für das Wachsthum der Pflanzen am geeignetsten angesehen werden muß. Aufgabe der Düngung wird es daher sein, bei zu nassem Boden diese ungünstigen Eigenschaften zu verringern, bei einem zu trocknen dagegen dieselben zu vermehren.

Der Ausspruch, daß ein nasser Boden kälter als ein trockner ist, bedarf nach den neuesten über diesen Gegenstand vorliegenden Arbeiten der weiteren Begründung. Nach den Versuchen von Tietzcher, v. Litzrow und Haberlandt nämlich soll in der wärmeren Jahreszeit der nasse Boden nicht nur nicht kälter,

sondern sogar wärmer als der trockene sein. Die in dieser Richtung von Wollny angestellten zahlreichen und entscheidenden Beobachtungen zeigen indeß, daß die frühere Auffassung, daß der nasse Boden kälter als der trockene sei, die richtigere ist.

Wollny gelangte durch seine Versuche zu folgenden Schlüssen:

1. „Während der wärmeren Jahreszeit ist der Boden im nassen Zustande im Durchschnitt kälter als im trockenen und feuchten.“

2. „Die Ursache dieser Erscheinung wird in der durch die Verdunstung des Wassers an der Oberfläche des Bodens herbeigeführten Abkühlung zu suchen sein.“

3. „Zur Zeit des täglichen Maximums der Bodentemperatur ist der Unterschied in der ad 1 bezeichneten Weise zwischen dem nassen und trockenen Boden am größten. Zur Zeit des täglichen Temperatur-Minimums (in den ersten Morgenstunden) ist meistens der nasse Boden wärmer als der trockene.“

4. „Die Temperaturschwankungen des Bodens sind im nassen Zustande desselben bedeutend geringer als im trockenen.“

5. „Von den drei untersuchten Bodenarten ist im nassen Zustande der Torf im Durchschnitt am wärmsten, dann folgt der Sand, zuletzt der Thon; im trockenen Zustand ist der Sand am wärmsten, dann folgt der Thon und zuletzt der Torf.“

6. „Am gleichmäßigsten ist die Temperatur im Torf, die größten Schwankungen zeigt der Sand: zwischen beiden steht in dieser Beziehung der Thon.“

7. „Zur Zeit des Temperatur-Maximums ist daher der Sand am wärmsten, dann folgt der Thon und dann der Torf. Zur Zeit des Temperatur-Minimums ist der Torf am wärmsten, dann folgt der Thon und dann der Sand.“

8. „In dem mit Wasser gesättigten Zustande verdunstet der Sand die größten Mengen, die geringsten der Torf. Im Uebrigen ist die Größe der Wasserverdunstung abhängig von den zufällig im Boden auftretenden Wassermengen.“

Ueber den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Vegetation liegen Versuche von Slienköff, Hellriegel, Sorauer und Anderen vor; ich werde hier die der beiden ersten Forscher in den Resultaten kurz mittheilen.

Slienköff bepflanzte 5 gleich präparirte Töpfe am 15. Mai mit 7 gekeimten Samen von Buchweizen, und begoß sie in folgender Art:

Nr. 1	mit	$\frac{1}{2}$	Liter	Wasser
„ 2	„	$\frac{1}{4}$	„	„
„ 3	„	$\frac{1}{8}$	„	„
„ 4	„	$\frac{1}{16}$	„	„
„ 5	„	$\frac{1}{32}$	„	„

Das Begießen geschah nicht täglich, sondern man hörte mit demselben auf und zwar für alle Töpfe, so lange in Nr. 1 das Wasser von der Erde nicht aufgenommen wurde; in Folge dessen erhielten die Töpfe während der Vegetations-Zeit von 67 Tagen an 17 Tagen kein Wasser.

Die Ernteergebnisse zeigt die nachstehende Tabelle:

N ^o .	Köpfe		Gewicht der Saat in Grm.:		Gewicht der frischen Ernte in Grm.:		Es wurde erhalten an Stroh Korn im frischen Zustande:		Trocken-Substanz an Stroh: Korn:		Menge der geernteten Körner:		Gewicht der eingeheinten Körner:		Auf 100 Theile trockne Körner erhalt. an tr. Stroh:		Gesammt-Quantität, verbrauch. Wassers in Liter:		Gewicht der Saat = 1, so geerntet an trock. Körnern:		Gewicht der Saat = 1, so geerntet an Stroh u. Korn:		Gewicht der Saat = 1, so erhalten an trockenem Korn und Stroh:			
1	0,154	27,99	26,11	1,89	4,52	1,68	111	0,017	269	25,0	12	181	45													
2	0,154	65,05	58,85	6,15	8,47	5,47	283	0,022	155	12,5	39	422	100													
3	0,154	24,95	23,05	1,95	4,55	1,73	93	0,021	263	6,25	12	162	46													
4	0,154	9,98	9,42	0,58	1,41	0,52	37	0,015	271	3,12	37	65	14													
5	0,154	2,30	2,20	0,10	0,30	0,09	12	0,008	333	1,56	0,64	15	3													

Hellriegel füllte gleich große Cultur-Gefäße mit Quarzsand, dem die erforderlichen Pflanzennährstoffe zugesetzt waren und besäete je 3 dieser Gefäße mit Sommerroggen, Sommerweizen und Hafer. Im Gefäß Nr. 1 wurde der Sand sehr feucht, in Nr. 2 mäßig feucht, in Nr. 3 ziemlich trocken und in Nr. 4 sehr trocken erhalten. Die gewonnenen Resultate in Grm. Trockensubstanz ausgedrückt, zeigt die folgende Tabelle:

Nr. des Gefäßes	Bodenfeuchtigkeit in Procenten der wasserhaltenden Kraft des Sandes	Weizen		Roggen		Hafer	
		Gesamternte	Körner	Gesamternte	Körner	Gesamternte	Körner
1	80—60	34,685	11,420	26,718	10,323	27,633	11,853
2	60—40	31,693	10,298	25,478	10,351	24,846	10,911
3	40—20	23,480	8,425	19,860	8,080	19,595	7,810
4	20—10	9,768	2,758	12,146	3,876	5,988	1,798

Bei diesen Versuchen, welche mehrere Jahre mit denselben Resultaten wiederholt waren, wurde die Bodenfeuchtigkeit innerhalb bestimmter Grenzen erhalten, ein Begießen fand erst statt, wenn die Minimalgrenze fast erreicht war, ja, bei anhaltend hoher Lufttemperatur kam es sogar vor, daß der Wassergehalt des Sandes etwas unter das beabsichtigte Minimum herabsank.

Bei einem anderen Versuche regelte dagegen Hellriegel den Wassergehalt des Bodens (ebenfalls Sandboden) in der Art, daß den einzelnen Vegetationsgefäßen am Abend jeden Tages so viel Wasser zugewogen wurde, als am Tage verdunstet war. In folgender Tabelle sind die Resultate zusammengestellt, welche bei diesen Versuchen mit Gerste erhalten worden sind.

Nr. des Gefäßes	Bodenfeuchtigkeit in Procenten der wasserhaltenden Kraft des Sandes	Trockensubstanz Gramme:	
		Gesamternte	Körner
1	80	19,693	8,767
2	60	22,763	9,957
3	40	21,760	10,507
4	30	17,194	8,697
5	20	14,620	7,748
6	10	6,303	3,287
7	5	0,123	—

Interessant ist bei dieser Versuchsreihe die beobachtete Thatsache, daß sich in der äußeren Erscheinung der unter fortwährendem Wassermangel aufgewachsenen Pflanzen, (Nr. 5, 6 und 7) kein Merkmal ergab, welches dieselben von den unter normalen Feuchtigkeitsverhältnissen vegetirenden Pflanzen gekennzeichnet hätte. Keine Pflanze welkte, alle waren vielmehr straff und turgescent, die Durstpflanzen selbst noch dunkler grün als die anderen; die Vegetationszeit war für alle Pflanzen von derselben Dauer. Der Einfluß der Trockenheit kam nur in der Weise zum Ausdruck, daß zunächst weniger Wurzeln, später weniger Blätter, Halme und Körner gebildet wurden.

Wie sich die Pflanzen bereits während des Keimlebens dem gegebenen Feuchtigkeitsgehalte des Bodens accommodiren, lehrt folgender Versuch:

Ein Gefäß wurde mit angekeimten Gerstenkörnern besät, mit äußerst wenig Wasser begossen, und das verdunstete Wasser von Zeit zu Zeit ersetzt. Nach sechs Wochen hatte noch keines der Körner die Erdoberfläche durchbrochen; als darauf eine große Wassermenge zugewogen wurde, liefen schon am nächsten Morgen die jungen Pflanzen freudig auf.

In Bezug auf die Bedeutung des Wassers zum Pflanzenwachstum und die Abhängigkeit der Entwicklung derselben von der zu Gebote stehenden Wassermenge, liegen ferner noch höchst interessante Versuche von Hellriegel vor. Bei den bisher beschriebenen Versuchen waren die Pflanzen während ihres ganzen Lebens fortdauernd einem gleichmäßigen, mehr oder weniger großen Wassermangel ausgesetzt gewesen. Da dies in der Natur nicht vorkommt, so stellte Hellriegel weitere Versuche an, bei welchem die natürlichen Verhältnisse so weit als möglich nachgeahmt wurden, so, daß die Pflanzen zeitweise Wasserüberfluß, zeitweise Wassermangel hatten. Zu dem Zweck wurde bei einem Gefäße die Bodenfeuchtigkeit bis zur Blüthe auf 60 %, von da ab auf 20 %, bei einem anderen dieselbe bis zum Schossen auf 20 %, und von da an auf 60 % der wasserhaltenden Kraft des Bodens erhalten.

Bei dem ersten Gefäß wurde geerntet: 8,263 Grm. Körner 11,443 Grm. Stroh, in Summa 19,706 Grm. Trockensubstanz; bei dem zweiten Gefäß: 10,072 Grm. Körner 8,390 Grm. Stroh, in Summa 18,462 Grm. Trockensubstanz. Bei dem ersten Versuche war somit die Körnerbildung beeinträchtigt; bei dem zweiten dagegen die Körnerproduction befördert, die des Strohes aber benachtheiligt worden.

Die Nachtheile einer zur Zeit des schnellsten Wachsthumes überstandenen Durstperiode von etwa 14 Tagen lassen sich durch eine darauf folgende reichliche Wasserzufuhr nicht wieder aufheben. Erst wenn die Körner fast vollständig ausgebildet sind, leidet die Pflanze wenig oder gar nicht in Folge der Trockenheit. In allen früheren Vegetationsperioden dagegen wirkt starke anhaltende Trockenheit nachtheilig auf die gesammte Entwicklung, und zwar um so nachtheiliger, je früher sie eintritt.

Diese Versuchs-Resultate zeigen die Bedeutung der Bodenfeuchtigkeit für die Vegetation in sehr schöner Weise. Wenn nun auch der Landwirth auf den Gehalt seines unter dem Pfluge befindlichen Bodens, an Wasser resp. auf die Zufuhr von Wasser zu demselben keinen irgendwie erheblichen Einfluß auszuüben ver-

mag, sondern dies vor Allem einer höheren Macht anheimstellen muß, so kann er doch, wenn auch nur in geringem Grade, auf die Wasserverhältnisse des Bodens influiren.

Bei der hohen Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben müssen alle Arbeiten, welche uns über die Beziehungen zwischen Boden und Wasser Aufschluß geben, mit großer Freude begrüßt werden. Wir sind daher beim Kapitel Wasser bemüht gewesen, alles bis jetzt hierüber Vorliegende zusammenzustellen. Leider waren uns damals die sehr interessanten und mühevollen Arbeiten Wollny's „über den Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens“ noch nicht zur Hand gekommen, weshalb an jener Stelle eine Besprechung derselben nicht möglich war. Ich glaube daher wenigstens die wichtigsten Schlüsse, welche Wollny aus diesen feinen Versuchen gezogen hat, hier anführen zu müssen, wobei ich bedaure, auf diese umfassenden und so sorgfältig durchgeführten Arbeiten des Raumes wegen nicht näher eingehen zu können. Dieselben lassen einen kurzen Auszug, wie er hier geboten ist, nicht zu, da sie nur Versuchsergebnisse geben. Ich muß daher den Leser auf das so wichtige Werk selbst verweisen.

Wollny studirte bei seinen Versuchen den Einfluß der Pflanzendecke und der Beschattung

1. auf den Wassergehalt des Bodens,
 2. auf die Durchlässigkeit
- und 3. auf die Strukturverhältnisse desselben.

Ad 1 zieht Wollny aus seinen zahlreichen Versuchen die folgenden Schlüsse:

1. „Der Wassergehalt der Vegetationskrume unter einer Decke lebender, krautartiger Pflanzen ist stets geringer, als in gleicher Schicht des vegetationslosen Bodens;
2. die Ursache der Austrocknung des Bodens durch die Pflanzen liegt in der beträchtlichen Transpiration von Wassergas durch deren oberirdische Organe;
3. die Austrocknung des Bodens durch die Pflanzen ist um so größer, je dichter sie stehen;
4. das ad 1 bezeichnete Verhältniß des Wassergehaltes erstreckt sich auch auf die tieferen Schichten des Bodens (Untergrund);
5. die äußerste, oberste Bodenschicht unter einer Pflanzendecke ist gemeinlich feuchter, als die entsprechende Schicht des unbeschatteten Bodens, wegen der aus der Luft zwischen den Pflanzen erfolgenden Thaumiederschläge;
6. die Luftschicht über einer mit Pflanzen bedeckten Fläche enthält stets größere Mengen von Wasser als über einem vegetationslosen Felde;
7. der Wassergehalt des Bodens unter einer Decke von leblosen Gegenständen (abgestorbenen Pflanzen, Stalldünger, Stroh, Steinen, Holzstücken, Abfällen u. s. w.) ist im Allgemeinen größer, als der des unbedeckten Bodens;

8. die Erhaltung der Feuchtigkeit unter einer Decke von leblosen Gegenständen ist die Folge der durch letztere herbeigeführten Verminderung der Wasserverdunstung aus dem Boden ;

9. der durch Pflanzen beschattete Boden ist während der wärmeren Jahreszeit am trockensten, der durch leblose Gegenstände bedeckte am feuchtesten, während der vegetationslose, unbedeckte Boden sich zwischen beiden in der Mitte hält."

Ad 2 lauten die Folgerungen Wollny's wie folgt:

1. „Von derselben Niederschlagsmenge sichern während der wärmeren Jahreszeit (Vegetationszeit) die größten Wassermengen durch den mit leblosen Gegenständen (Stalldünger, Stroh, Steinen u. s. w.) bedeckten Boden, auf welchen der nackte folgt; die geringsten Wassermengen tropfen aus dem mit einer vegetirenden Pflanzendecke versehenen Boden ab ;

2. für das Wasserbedürfnis der Pflanzen sind die vor und während ihrer Entwicklungszeit dem Boden durch die atmosphärischen Niederschläge zugehenden Mengen vollkommen ausreichend.“ (?)¹⁾

Ad 3 stellt Wollny auf Grund seiner Versuche folgenden Satz auf:

„Der Lockerheitszustand des Bodens wird durch die Beschattung nicht erhöht, sondern nur in höherem Grade erhalten, als auf dem brachliegenden Felde.“

§ 181.

b. Condensations-Vermögen des Bodens für Wassergas.

Diese Eigenschaft des Bodens und die Bedeutung derselben für die Pflanzen haben wir schon in dem Kapitel „das Wasser“ besprochen und gezeigt, daß dieselbe einem Boden nicht in zu hohem Grade eigen sein kann, daß also der Boden als der fruchtbarste anzusehen ist, welcher dieselbe im höchsten Grade besitzt.

Ueber das Condensations-Vermögen des Bodens und die Bedeutung desselben für das Pflanzenleben, sagt A. Mayer: „Das Condensations-Vermögen des Bodens für Wasser, welches seit Schübler noch neben den genannten Eigenthümlichkeiten regelmäßig seine Stelle gefunden hat, ist nunmehr endgültig aus der Reihe der nützlichen Bodeneigenschaften zu streichen. Allerdings ist an der Thatsache nicht zu rütteln, daß die meisten trocknen Ackererden hygroskopische Eigenschaften in hohem Maße besitzen, sondern nur die praktische Verwerthbarkeit dieses Vermögens ist auf das Entschiedenste zu bestreiten.“ — Daß ich diese Auffassung Mayer's entschieden nicht theile, geht bereits aus meinen Darlegungen pag. 255 hervor; aus diesem Grunde ist ein näheres Eingehen auf diese Frage hier nicht mehr erforderlich.

¹⁾ Siehe pag. 250 u. f.

§ 182.

c. Condensations-Vermögen des Bodens für andere Gase.

Wie wir mehrfach zu erwähnen Gelegenheit hatten, sind Sauerstoff, Kohlensäure und Ammoniak für den Boden von großer Wichtigkeit; die beiden ersten sind für die Um- und Zersetzungs-Processe in demselben unentbehrlich; die Kohlensäure ist außerdem für den Culturboden als Kohlenstoffquelle und das Ammoniak als Stickstoffquelle von Bedeutung. Die Böden besitzen nun in größerem oder geringerem Grade das Vermögen Gase zu condensiren. Dies Vermögen des Bodens ist um so bedeutender, je größer die Oberfläche desselben, also je feiner vertheilt die einzelnen Bodentheilchen sind, in gewissem Sinne also je lockerer derselbe und je niedriger seine Temperatur ist.

Reichardt im Vereine mit mehreren seiner Schüler Blumtritt, Döbrich und Scheermesser, verdanken wir über diesen Gegenstand mehrere interessante Untersuchungen, von welchen wir hier bei der hohen Wichtigkeit des Gegenstandes, und da dieselben im engen Zusammenhange unter einander stehen, je einige Resultate zugleich mit den wichtigsten aus den Versuchen gezogenen Schlüsse anführen. Zu diesen Versuchen, welche sämmtlich in dem Laboratorium von Reichardt ausgeführt wurden, benutzten Reichardt und Blumtritt verschiedene Substanzen, wie Kohlen, die Hauptbestandtheile der Ackererde, einige Ackererden etc. Die Untersuchung wurde in der Art ausgeführt, daß aus den betreffenden Substanzen in dem von Reichardt construirten Quecksilberapparat durch Erhitzen das Gas ausgetrieben und dieses dann analysirt wurde.

Von den erhaltenen Resultaten führe ich hier die folgenden an. (pag. 573).

Aus diesen Versuchen zieht Reichardt folgende Hauptresultate: „Die verschiedenen Substanzen enthielten die Gemengtheile der Atmosphäre in qualitativ und quantitativ wechselnden Mengen. Die Substanzen hatten diese Gase verdichtet, und zwar beträgt diese Verdichtung oft das mehrfache des Volumens der Substanz. Die gefundenen Gase sind sämmtlich constante Bestandtheile der Atmosphäre mit Ausschluß des Kohlenoxydes, dessen Auftreten sich als Uebergangsstufe bei der Kohlensäurebildung erklärt. Betrachtet man die Verhältnisse, in denen die Gase sich vorfanden, so ist hervorzuheben, daß besonders Kohlensäure durchweg in bedeutend größerer Menge als in der Luft vorhanden war, Sauerstoff hingegen zumeist in geringerer Menge, oft sogar, wie in der Kreide, gar nicht nachgewiesen werden konnte. Letzteres Resultat ist besonders beachtenswerth, da zufolge desselben vielleicht die Folgerung zulässig ist, daß nicht nur nach bisheriger Annahme der Sauerstoff, sondern auch der Stickstoff (?)¹⁾ verdichtet wird, um in chemische Verbindungen übergeführt zu werden. Der bedeutende Kohlensäuregehalt des Eisenoxydes und der Thonerde in nicht geglühtem Zustande läßt wohl vermuthen, daß diese beiden Bodenbestandtheile, welche als Pflanzennahrungsmittel untergeordnetes Interesse bieten, bei ihrer allgemeinen Verbreitung in der Natur,

¹⁾ Siehe pag. 125 u. f.

Substanz:	100 Grm. gaben Kc. Gas	100 Volumen gaben Volumen Gas	100 Volumen der Gase bestanden aus				Ammoniat %/o	Salpetersäure %/o
			Stickstoff	Sauerstoff	Kohlen-säure	Kohlen-oxyd		
Gewöhnliche Holzkohle	164,21	—	100	0	0	0	—	
Dieselbe angefeuchtet und getrocknet	140,11	59,00	85,60	2,12	9,15	3,13	—	
Kohle von Populus pyramidalis	466,95	195,40	83,60	0	16,50	0	0,042	
Kohle von Fraxinus excelsior	437,00	159,00	76,03	14,87	9,10	0	—	
Kohle von Alnus glutinosa	287,07	109,90	88,27	0	5,42	6,31	—	
Thierkohle	84,43	91,30	54,19	0	45,81	0	—	
Dieselbe mit Salzsäure behandelt	178,01	102,30	93,66	0	6,34	0	?	
Dorf	162,58	—	44,44	4,60	50,96	0	?	
Gartenerde, feucht	13,70	19,90	64,34	2,85	24,06	8,75	—	
Dieselbe, lufttrocken	38,28	53,60	64,70	2,04	33,26	0	?	
Saatschlamm, lufttrocken	40,53	48,07	67,69	0	18,61	13,70	?	
Dieselbe, wenig befeuchtet	24,12	29,20	67,34	0	30,56	2,10	?	
Dieselbe, wieder lufttrocken	26,52	30,05	67,40	9,09	16,07	7,44	?	
Kohlen-saurer Kalk, frisch gefällt	65,09	—	80,81	19,19	0	—	—	
Gyps fein zerrieben	16,26	—	80,95	19,05	0	—	—	
Eisenorydhydrat, frisch gefällt, lufttrocken	375,54	308,60	26,29	3,85	69,86	0	—	
Dasselbe, heiß ausgewaschen	250,82	350,90	18,90	0,91	80,19	0	—	
Dasselbe, schwach geglüht	39,88	55,50	64,85	11,59	23,56	0	—	
Thonerde, lufttrocken	69,05	82,00	40,60	0	59,40	—	—	
Dieselbe, bei 100° C.	10,83	13,60	83,09	16,91	0	—	—	

durch ihr Absorptionsvermögen für Kohlensäure Bedeutung für die Pflanzen-
ernährung haben."

Von den von Döblich, welcher einerseits mit den wichtigsten Boden-
bestandtheilen und dann mit einer Reihe von Sand-, Kalk- und Thonboden
operirte, erhaltenen Resultaten, mögen hier die folgenden Platz finden.

Substanz:	100 Grm. Substanz gaben cc. Gas	100 Bo- lumen Substanz gaben Columen Gas	100 Columen des Gases befanden aus			Verhältniß des Sauer- stoffs zum Stickstoff = 1 :
			Kohlen- säure	Sauer- stoff	Stick- stoff	
Eisenerdhydrat, lufttrockenes, bei 140° C.	827,4	1220,1	95,62	0,82	3,56	
Eisenerdhydrat, beim Erhitzen bis zu 100° C.	287,1	432,2	87,10	2,88	10,02	
Eisenerdhydrat, beim Erhitzen von 100 b. zu 140° C.	573,6	868,2	100,00	0,00	0,00	
Thonerdehydrat, lufttrockenes, bei 140° C.	511,9	471,4	88,49	2,21	9,30	
Thonerdehydrat, beim Erhitzen bis zu 100° C.	81,6	74,8	27,10	14,44	58,46	
Thonerdehydrat, beim Erhitzen von 100 b. zu 140° C.	431,9	394,6	100,00	0,00	0,00	
Humus, (Goldtorf) bei 140° C.	205,1	94,6	47,89	3,29	48,82	
Humus, beim Erhitzen bis zu 100° C.	101,3	46,6	17,16	5,80	77,04	
Humus, beim Erhitzen von 100 bis zu 140° C.	113,0	52,0	75,96	0,00	24,04	
Sandboden, vom Gelsen bei Drafenborf	20,4	27,4	3,64	19,34	77,02	3,9
Sandboden, vor Drafenborf	19,8	26,3	17,49	16,34	66,17	4,0
Sandboden, Thal Drafenborf	22,6	31,0	18,39	10,97	70,64	6,4
Sandboden, Gartenland, Sena	49,8	68,9	39,47	11,90	48,63	4,2
Mergelboden bei Zwägen	42,8	57,0	21,93	14,03	64,04	4,5
Süßwasser-Kalkboden	54,4	67,0	25,67	15,82	58,51	3,7
Kalkmergel	26,0	40,5	28,51	13,33	58,16	4,3
Muschelkalkboden	44,1	70,8	37,65	12,42	49,93	4,0
Kalkmergel	37,8	55,1	44,28	7,98	47,74	5,9
Kalkboden	50,3	76,0	52,89	5,52	41,59	7,2
Kalkboden	44,8	64,9	54,85	8,78	36,37	4,1

Bezeichnung des Bodens	100 Grm. Substanz gaben Kc. Gas	100 Volumen Substanz gaben Kc. Gas	100 Volumen des Gases bestanden aus			Verhältniß des Sauerstoffes zum Stickstoff = 1:
			Kohlen- säure	Sauer- stoff	Stick- stoff	
Thonboden (aus Alten- burg)	30,7	39,4	6,60	15,49	77,91	5,0
Thonboden (bei Loboda)	30,9	43,1	19,38	12,89	67,72	5,2
Thonboden (aus Alten- burg)	35,5	44,9	20,44	11,58	67,98	5,8
Thonboden, Galgenberg	33,9	48,0	34,16	12,50	53,34	4,2
Thonboden, unfrucht- bar, Jena	30,7	49,0	39,27	14,42	46,31	3,2
Thonboden, unfruchtbar	29,8	50,9	49,30	10,61	40,09	3,7

Döbri ch faßt die Hauptresultate der mit den Bodenarten angestellten Versuche in Folgendem zusammen:

Die Sandbodenarten, welche im Vergleiche mit den Bodenarten der Kalk- und Thonconstitution eine einfachere Zusammensetzung haben, lieferten im Ganzen genommen, dem Volumen nach, am wenigsten Gas. Bei ihnen nimmt mit den Sesquioxiden und der organischen Substanz die Kohlen- säure in den Gasen zu, es ist hier also ein Einfluß dieser Bestandtheile auf den Kohlen säuregehalt der Gase und auf die Fruchtbarkeit ersichtlich. Dieser Zusammenhang läßt sich jedoch bei den Kalk- und Thonbodenarten nicht nachweisen.

Auf eine genaue Uebereinstimmung kann natürlich hier, wo wir es mit so complicirten Gemischen zu thun haben, bei denen trotz der größten Sorgfalt keine Gleichheit der Substanz zu erzielen ist, nicht gerechnet werden. Einfluß auf den Gasgehalt üben ferner die physikalischen Eigenschaften des Bodens und namentlich die Hydratform aus, in welcher die Sesquioxide auftreten; auch muß die leichte Zersezbarkeit mancher Bestandtheile z. B. der kohlen sauren Magnesia und der organischen Substanz beim Erhitzen ins Auge gefaßt werden.

Das Verhältniß des Sauerstoffes zum Stickstoff ist in den von den einzelnen Bodenarten erzielten Gasen verschieden. Bei manchen stimmt es annähernd mit dem, in welchem beide Gase in der atmosphärischen Luft auf- treten, überein; bei den meisten jedoch ist es zu Gunsten des Stickstoffes ge- ändert, bei einigen zu Gunsten des Sauerstoffes. Die Absorption der Erd- arten an Stickstoff ist nach diesen Versuchen mit dem Humus- und Thon- gehalt nicht in Einklang zu bringen.

Sämmtliche Versuche stimmen schließlich darin überein, daß alle Bodenarten Gase enthalten, in denen die Kohlen säure ein wesentlicher Bestandtheil ist.

Scheermesser, dessen Versuche sich auf Thon, Sand, Eisenoxyd- hydrat und Gemische dieser Körper unter einander erstreckten, unterwarf diese Substanzen verschiedenen Verhältnissen der Untersuchung; von den zahl- reichen Versuchsergebnissen (50) führe ich hier die folgenden an:

Substanzen:	100 Grm. Substanz gaben R. Gas		100 R. Substanz gaben R. Gas		100 Volumen des Gases			Verhältnis des N. O.
	Rohlen- säure	CO ₂	Sauer- stoff	O.	Stick- stoff	N.		
						gaben	gaben	
Gewöhnlicher Thon	42,75	55,57	30,07	11,31	56,61	1	5,1	
Derselbe, mit Salzsäure gereinigt	44,73	28,83	3,92	17,64	78,43	1	4,4	
Derselbe, 8 Tage der Luft ausgesetzt	38,73	27,11	4,09	11,88	84,01	1	7,0	
Derselbe, gegläht und wieder der Luft ausgesetzt	38,52	46,88	1,90	21,40	76,69	1	3,5	
Sand, mit Salzsäure gereinigt, feinst	16,52	27,28	0,00	18,84	81,15	1	4,3	
Sand, 1 Jahr aufbewahrt	11,95	17,29	1,36	19,72	78,91	1	4,0	
Eisenorybhydrat, lufttrocken	586,66	352,00	68,18	5,68	26,13	1	4,6	
mit 3 Th. Eisenorybhydrat auf 100 Th., sofort unter sucht	26,54	35,83	25,58	11,62	62,79	1	5,4	
mit 4 Th. Eisenorybhydrat auf 100 Th., sofort unter sucht	70,90	104,00	37,17	11,54	51,28	1	4,4	
mit 6 Th. Eisenorybhydrat auf 100 Th., sofort unter sucht	63,80	84,09	57,83	7,02	35,13	1	5,0	
bito	73,17	100,00	46,66	6,66	46,67	1	7,0	
bito	90,00	120,00	50,00	7,77	42,42	1	5,4	
bito	41,66	53,33	72,50	0,00	27,50	1	5,4	
bito	51,28	66,66	65,00	5,00	30,00	1	6,0	

1) 44 Theile Thon und 85 Theile Sand.

Von den von dem Verfasser aus diesen Versuchen gezogenen Schlüssen mögen hier die folgenden Aufnahme finden:

„Der Kohlensäuregehalt des Eisenoxydhydrats ist stets ein sehr bedeutender, wenn auch wechselnder. Die Unterschiede sind abhängig von der Dichtigkeit des Niederschlags, der Temperatur, bei welcher derselbe getrocknet wurde und dem Feuchtigkeitsgrade desselben. Der Kohlensäuregehalt der Bodenarten steigt proportional dem Gehalte derselben an Eisenoxydhydrat. Aus trockenen Erdgemischen wird durch Einwirkung der Sonnenwärme ein großer Theil der absorbirten Kohlensäure ausgetrieben. Feuchte Erdmischungen verlieren ihre Kohlensäure unter Einwirkung der Sonnenstrahlen viel leichter als trockene.

Nach allen Versuchen geben die Erdgemische unter dem Einflusse der erhöhten Tagestemperatur vorzugsweise Kohlensäure ab, ersetzen dieselbe aber wieder während der Nacht. Stets ist der Gehalt derselben am Morgen größer, als gegen Abend.“

§ 183.

d. Bindigkeit und Lockerheit des Bodens.

Beide Eigenschaften hängen eng mit der unter a besprochenen Eigenschaft eines Bodens zusammen. Je bindiger ein Boden, also je mehr Thon oder Humus er enthält, um so größer ist auch seine wasserhaltende und wasserfassende Kraft und umgekehrt ist dieselbe um so geringer, je trockener ein Boden ist. Diese Eigenschaften haben für die Gewächse auch andere Nachtheile; in einem zu bindigen Boden wird zunächst dem Samen das Keimen sehr erschwert, weil es in demselben leicht an einem der für das Keimen unentbehrlichen Factoren, dem Sauerstoff, fehlen kann; daher werden in einem solchen Boden stets eine Anzahl Samen unentwickelt bleiben, woraus folgt, daß das Saatquantum hier stets ein größeres als auf verhältnißmäßig trockenem Boden sein muß. Ferner wird den jungen Pflänzchen ihr Wachsthum in einem solchen Boden stets erschwert, ihre Wurzeln können nur mit Mühe in denselben eindringen und daher schwer den nöthigen Halt und die erforderliche Nahrung finden, welches letztere wegen des erschwerten Eintritts der atmosphärischen Luft noch mehr der Fall ist.

Ein zu lockerer, loser Boden vermag dagegen den Pflanzen nicht den nöthigen Halt zu gewähren u. s. w.

Aus alledem folgt, daß auch hier der Boden als der beste anzusehen ist, der weder zu bindig noch zu locker ist, und daß es also die Aufgabe des Landwirths bei der Cultur bleibt, den zu bindigen lockerer und den zu lockeren bindiger zu machen, in welchem Bestreben er durch richtige Düngung sehr unterstützt wird.

§ 184.

e. Die Bodenwärme.

Daß die Bodenwärme mit zu den für das Pflanzenwachsthum günstigen Factoren gehört, bedarf des Beweises wohl nicht. Den innigen Zusammenhang zwischen dem Leben der Pflanze und der Wärme haben wir früher speciell besprochen; daß nun hierbei auch die Bodenwärme und nicht nur die Luftwärme in Betracht kommt, ist selbstverständlich.

Der Boden erhält seine Wärme von der inneren Erdwärme, von der Sonne und durch die in ihm vor sich gehenden chemischen Proceffe. Die vornehmste Wärmequelle ist die Sonne. Durch die Sonne wird zunächst die Oberfläche des Bodens und zwar je nach dem Grade seiner Wärmecapacität mehr oder weniger erwärmt.

Ueber die Wärmeabförtion der verschiedenen Bodenarten resp. Bodenconstituenten besitzen wir bis jetzt noch keine specielleren Versuche. Bekannt ist, daß die Wärmeabförtion mit der dunklen Farbe und mit der Größe der Oberfläche eines Körpers zunimmt.

Die Wärmecapacität verschiedener Körper steigt mit dem Fallen des spec. Gewichtes derselben.

Nach Schumacher ist das spec. Gewicht:

des Quarzsandes	2,753
des Thones	2,591
des Kalkes	2,468
des Humus	1,225
des Wassers	1,000

Das Wasser hat somit die höchste, der Sand die niedrigste Wärmecapacität, mithin bedürfen die Sandböden die geringste, die Humusböden die größten Wärmemengen zur Erhöhung ihrer Temperatur oder mit anderen Worten: die Sandböden erwärmen sich bei einer gegebenen Wärmemenge am höchsten, die Humusböden am niedrigsten.

Die Wärmecapacität, die des Wassers = 1 gesetzt, ist nach Schöbler und Schumacher

beim Sand	= 0,1282
„ gemeinen Thon .	= 0,1901
„ kohlenfauren Kalk fein vertheilt	} = 0,2047
„ Sandthon	= 0,1784
„ Sandthon (mit wenig Humus)	} = 0,1572

Neuere Untersuchungen über die Wärmecapacität verdanken wir E. Pfaunder und H. Platter. Ich führe hier von den von diesen Forschern gefundenen Zahlen die folgenden an:

	Specifische Wärme der bei 100° getrockneten Substanz	Wasser=verlust bei 100° in Procenten	Specifische Wärme der lufttrockenen Substanz	Namen der Versuchsansteller
Flußsand, feines gelbes Sandpulver ohne Humus	0,1923	0,27	0,1945	Pfaundler ders. ders.
Alluvialsand, humusfrei Sand, humusfrei	0,2140	0,30	0,2163	
Torf, fast nur aus Pflanzenresten bestehend u. sehr leicht	0,2029	0,41	0,2062	
Steppenboden, völlig unfruchtbar	0,5069	4,55	0,5293	ders.
Erde v. besonders fruchtbarem Weizenboden	0,2682	2,09	0,2836	ders.
	0,2847	2,66	0,3037	ders.

	Wärme=capacität der bei 100° getrockneten Erde	Wasser=verlust bei 100° in Procenten	Wärmeca=capacität der lufttrockenen Erde	Humus=gehalt in Procenten	
Thon, unfruchtbar Erde aus einem Roggenacker, tertiärer Sand beigemischt, sehr fruchtbar	0,2231	10,7096	0,3063	—	Platter
Erde aus einem Weizenacker, Alluvium, sehr fruchtbar	0,2299	2,7777	0,2506	13,7904	ders.
Erde, sehr sandig, sehr wenig fruchtbar, Diluvium	0,2329	1,4742	0,2442	14,9308	ders.
Sandboden unfruchtbar	0,2098	0,4221	0,2130	6,6074	ders.
Pferdekoth	0,1994	0,2363	0,2013	3,4577	ders.
Rindviehkoth	0,4129	75,84	0,8581 ¹⁾		ders.
Schafkoth	0,4803	82,21	0,9076 ¹⁾		ders.
Ziegenkoth	0,4442	58,42	0,7689 ¹⁾		ders.
Schweinekoth	0,4649	53,87 (?)	0,7720 ¹⁾		ders.
	0,4347	84,82 (?)	0,9010 ¹⁾		ders.

Diese Zahlen thun einerseits dar, daß die Wärmecapacität fruchtbarer Böden zwischen 0,22 und 0,26 liegt, und daß der

1) Diese Zahlen geben die Wärmecapacität der frischen Substanz an.

Humus einen großen Einfluß auf dieselbe ausübt, so wie andererseits, daß durch die Düngung mit thierischem Dünger auf diese Bodeneigenschaft ein entschieden günstiger Einfluß ausgeübt werden kann.

Von den 3 die Bodenwärme bedingenden Factoren kann der Landwirth auf 2 in gewissem Grade einen Einfluß ausüben und zwar auf die Wärmemenge, welche der Boden durch die Sonne und auf die, welche derselbe durch die in ihm stattfindenden chemischen Proceffe erhält. Die erstere Wärmequelle kann durch richtige Regulirung des Feuchtigkeits-Verhältnisses des Bodens durch Bodenbearbeitung, sowie durch die Beschattung günstig geregelt werden; die letztere durch Düngung mit solchen Düngemitteln, welche im Boden chemische Umsetzungen erleiden resp. hervorrufen, was ja vor Allem in der einen Richtung vom Stallmist, in der anderen vom Kalle gilt.

Die Wärme, welche der Boden von der Sonne empfängt, trifft zunächst die Oberfläche und gelangt von dieser durch das Wärmeleitungs-Vermögen des Bodens in die tiefer gelegenen Schichten desselben. Das Wärmeleitungs-Vermögen des Bodens bedingt ferner die Vertheilung der durch die chemischen Proceffe erzeugten Wärme im Boden.

Ueber das Wärmeleitungs-Vermögen der Bodenarten resp. Bodenconstituenten liegen mehrere Arbeiten vor, leider sind die Resultate dieser Arbeiten wegen der großen Schwierigkeit der Ausführung derselben nicht übereinstimmend und stehen zum Theil mit den praktischen Erfahrungen in Widerspruch.

Außer Boeckmann, Ungström, Meister, Breitenlohner und Gasparin haben sich in der neuesten Zeit Haberlandt, v. Litzrow und E. Pott mit diesem Gegenstande eingehend beschäftigt. Ich führe hier in Kürze die Schlüsse an, welche Pott, der die wichtigsten Bodengemengtheile: Quarz, Thon (Kaolin), Kalk (Schlämmerkide) und Humus (getrocknete Torfleie), in trockenem und nassem Zustande und lose, sowie fest eingestampft auf ihre Wärmeleitungs-Vermögen prüfte, aus seinen Versuchen gezogen hat:

1. „Von den vier Hauptgemengtheilen des Bodens, Quarz, Kaolin, Humus und Kreide in pulverförmigem Zustande und lufttrocken, leitet der Quarz die Wärme am besten, der kohlen-saure Kalk am wenigsten, während Humus und Thon in letzterer Beziehung zwischen den ersteren stehen.

2. Dichter und fester Boden leitet die Wärme besser als lockerer Boden.

3. Die Wärmeleitung steigt im trockenem Boden mit der Abnahme des Feuchtigkeitsgrades.

4. Die Wärmeleitungsfähigkeit eines Bodens ist im nassem Zustande bedeutend größer, als die des trockenem Bodens.

5. Die Fähigkeit eines Bodens die Wärme zu leiten steigt mit dessen Gehalt an Steinen.“

Den vierten Schluß, daß nasser Boden die Wärme bedeutend besser als trockenem leitet, vermag ich mit dem Sage von Wollny, der in der Praxis

allgemein als richtig anerkannt ist, daß nasser Boden kälter als trockener ist, nicht in Einklang zu bringen.

Ueber den Einfluß der Pflanzendecke und der Beschattung auf die Bodenwärme verdanken wir vor Allen Wollny eine Reihe von Versuchen, welche durch die große Sorgfalt in der Ausführung, sowie die Dauer der Beobachtungen ausgezeichnet und so in Stande sind, schöne Aufklärungen hierüber zu geben. Ich bedaure auch hier diese Versuche nicht eingehend besprechen, sondern nur die wichtigsten Schlüsse, welche Wollny aus seiner Arbeit gezogen hat, angeben zu können. Diese lauten:

1. „Die Temperatur der Vegetationsschicht wird durch eine Decke von Pflanzen oder leblosen Gegenständen in hohem Grade, und zwar je nach dem Verhalten dieser Medien der Wärme gegenüber, beeinflusst;

2. der von lebenden Pflanzen oder abgestorbenen Pflanzentheilen (Stroh, Dünger, Holz, u. s. w.) beschattete Boden ist während der wärmeren Jahreszeit (im Sommer) kälter, während der kälteren (im Winter) wärmer als der kahle Boden unter sonst gleichen Verhältnissen;

3. der Einfluß der den Boden bedeckenden Materialien auf die Bodentemperatur richtet sich nach ihren physikalischen Eigenschaften und der Mächtigkeit der beschatteten Schicht;

4. der Schnee wirkt im Winter auf die Bodentemperatur erhaltend ein und verhindert den schädlichen Einfluß greller Temperaturschwankungen auf die den Boden bedeckende Vegetation, selbst während des Aufstehens und einige Zeit nachher;

5. die Temperaturschwankungen sind im bewachsenen und mit Dünger, Stroh, Holz und Schnee bedeckten Boden bedeutend geringer als im nackten. Ist der Boden mit Steinen bedeckt und untermischt, so ist das Umgekehrte der Fall.“

Auf die Wärmemenge eines Bodens influirt ferner noch das Wärmeausstrahlungsvermögen des Bodens, da die einzelnen Bodenarten in verschiedenen Graden an die Umgebung Wärme abgeben. Die hierüber von Schübler vorliegenden Resultate geben uns über diese Eigenschaft des Bodens die folgenden Angaben:

Bezeichnung der Erdarten (Ihre Zusammensetzung ist bekannt).	Bei der Temperatur- erniedrigung von 62,5° auf 21,2° ge- brauchte Zeit Minuten	Relatives Wärme- zurückhaltungs- vermögen Kalksand = 100
Kalksand .	210	100,0
Quarzsand	207	95,6
Gyps	154	73,2
Magerer Thon	161	70,9
Fetter Thon	150	71,1
Thonboden	144	68,4
Reiner Thon . . .	139	66,7
Feinvertheilter Kalk	130	61,8
Humus	103	49,0
Gartenerde	136	64,8
Erde von Hoffwyll	147	70,1
Erde vom Zura	156	74,3

Diese Zahlen zeigen somit, daß der Humus seine Wärme am schnellsten und der Sandboden am langsamsten verliert.

A n h a n g.

100 Kilogramm der nachbenannten Feldfrüchte enthalten an Aschenbestandtheilen in Kilogrammen:

Name der Pflanze	Name des Pflanzentheils	Stärke	Natrium	Kalium	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Winterweizen	Same	1,76	0,029	0,058	0,222	0,010	0,823	0,009	0,037	0,004	0,004
	Stroh	4,81	0,127	0,278	0,115	0,038	0,196	0,091	3,142	0,096	0,096
Sommerweizen	Same	2,02	0,037	0,052	0,237	0,011	1,007	0,026	0,025	0,011	0,011
	Stroh	4,47	0,169	0,277	0,118	0,045	0,251	0,131	2,384	0,082	0,082
Winterroggen	Same	1,80	0,026	0,054	0,209	0,019	0,843	0,021	0,038	0,005	0,005
	Stroh	4,50	0,110	0,367	0,105	0,048	0,222	0,086	2,709	0,069	0,069
Sommerroggen.	Same	2,07	0,030	—	0,257	—	1,055	—	0,021	—	—
	Stroh	5,18	0,020	0,397	0,103	—	0,254	0,292	2,512	—	—
Gerste	Same	2,12	0,045	0,058	0,206	0,020	0,763	0,032	0,504	0,013	0,013
	Stroh	4,21	0,160	0,335	0,142	0,037	0,221	0,156	1,969	0,215	0,215
Hafer	Same	2,84	0,056	0,109	0,214	0,029	0,690	0,044	1,204	0,016	0,016
	Stroh	4,30	0,207	0,343	0,154	0,074	0,157	0,157	1,904	0,173	0,173

Name der Pflanze	Name des Pflanzentheils	Stärke	Kali	Natron	Kalzerde	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Stickstoffsäure	Stärke
Mais	Same	1,12	0,306	0,012	0,036	0,162	0,029	0,515	—	0,015	0,015
	Stroh	4,58	1,663	0,057	0,496	0,260	0,108	0,382	0,239	1,320	—
Buchweizen	Grüne Pflanze	0,79	0,265	0,038	0,113	0,102	0,025	0,087	0,030	0,098	0,042
	Same	0,86	0,198	0,053	0,028	0,116	0,018	0,413	0,018	—	0,017
Erbsen	Same	2,45	1,071	0,055	0,156	0,171	0,014	0,831	0,097	0,019	0,056
	Stroh	5,56	1,130	0,267	2,309	0,476	0,076	0,478	0,277	0,320	0,256
Baubohnen	Same	2,91	1,304	0,026	0,143	0,208	0,004	1,028	0,079	0,017	0,042
	Stroh	4,66	1,853	0,158	1,000	0,366	0,072	0,321	0,151	0,274	0,291
Gartenbohnen	Same	2,63	1,166	0,040	0,202	0,236	0,008	0,822	0,113	0,030	0,025
	Stroh	5,05	1,427	0,615	1,392	0,344	0,059	0,479	0,210	0,253	0,386
Linfen	Same	1,78	0,495	0,187	0,090	0,035	0,029	0,516	—	0,019	0,071
Wicken	Same	2,27	0,778	0,216	0,115	0,182	0,014	0,772	0,155	0,017	0,031
Rothklee	Same	3,77	1,348	0,020	0,210	0,483	0,047	1,457	0,254	0,035	0,050
Weißklee	Same	3,49	1,274	0,019	0,251	0,399	0,065	1,196	0,169	0,077	0,052
Steinlicher Klee	Same	3,44	1,327	0,020	0,227	0,452	0,063	1,117	0,092	0,109	0,044
Esparfette	Same	3,84	1,023	0,098	1,132	0,238	0,057	0,857	0,116	0,030	0,040
Blaue Lupinen	Same	2,60	0,828	0,059	0,243	0,255	0,016	0,969	0,201	0,021	0,009

Gelbe Lupinen	Same	3,80	1,143	0,027	0,279	0,584	0,043	1,450	0,191	0,071	0,019
	Same	3,84	0,889	0,025	0,582	0,488	0,051	1,661	0,109	0,022	0,008
Raps	Stroh	3,96	1,239	0,294	1,173	0,226	0,073	0,202	0,289	0,147	0,345
	Same	3,13	0,973	0,068	0,271	0,434	0,034	1,274	0,027	0,045	0,010
Lein	Stengel	3,16	1,194	0,154	0,717	0,190	0,115	0,349	0,170	0,203	0,123
	Samenkapsel	5,74	1,779	0,246	1,699	0,160	0,129	0,166	0,272	0,986	0,384
	Blätter	7,71	1,494	—	2,303	0,206	0,250	0,263	0,282	1,999	0,194
	Ganze Pflanze	3,11	1,080	0,154	0,519	0,262	0,020	0,639	0,169	0,085	0,191
Hanf	Ganze Pflanze	3,22	0,566	0,098	1,344	0,297	0,017	0,353	0,086	0,251	0,086
	Same	4,81	0,967	0,037	1,129	0,271	0,048	1,745	0,081	0,568	0,003
Hopfen	Zapfen	5,34	1,938	0,103	0,981	0,241	0,097	0,706	—	0,913	0,186
	Blüthen	6,74	1,940	0,186	0,805	0,344	0,115	1,089	0,454	1,261	0,418
	Blätter	15,67	2,481	0,572	6,633	0,619	0,207	1,108	0,564	2,943	0,682
	Ranken	6,52	2,032	0,103	1,755	0,279	0,059	0,865	0,172	0,739	0,662
	Ganze Pflanze	7,40	1,941	0,284	1,182	0,427	0,379	0,898	0,400	1,591	0,382
Tabak	Blätter	2,08	0,520	0,090	0,783	0,240	0,083	0,083	0,090	0,026	0,106
Runkelrübe	Burzel	0,91	0,539	0,097	0,042	0,042	0,008	0,082	0,026	0,024	0,060
	Blätter	1,61	0,413	0,350	0,211	0,179	0,024	0,094	0,105	0,077	0,190
Turnips	Burzel	0,85	0,369	0,078	0,075	0,031	0,009	0,108	0,104	0,015	0,030
	Blätter	1,49	0,325	0,108	0,463	0,060	0,026	0,122	0,133	0,042	0,148
Stoppelrübe	Burzel	0,63	0,330	0,026	0,065	0,015	0,005	0,074	0,056	0,025	0,025
Mohrrübe	Burzel	0,74	0,287	0,136	0,077	0,037	0,008	0,096	0,035	0,018	0,023
	Blätter	2,51	0,382	0,499	0,824	0,095	0,078	0,138	0,198	0,197	0,131
Zuckerrübe	Burzel	0,76	0,409	0,064	0,043	0,070	0,008	0,097	0,033	0,020	0,027
	Blätter	2,46	0,606	0,360	0,415	0,442	0,036	0,176	0,174	0,100	0,130

Name der Pflanze	Name des Pflanzentheils	Stickstoff	Phosphor	Eisenoxyd	Magnesia	Kalferde	Natron	Kali	Äther	Ballen	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Kartoffeln	Knollen	0,98	0,011	0,009	0,047	0,020	0,011	0,621	0,98	0,011	0,157	0,065	0,018	0,042
		1,71	0,047	0,051	0,218	0,652	0,047	0,328	0,328	1,71	0,126	0,097	0,079	0,144
Wiesenheu	Ganze Pflanze	7,09	0,462	0,077	0,436	1,102	0,462	1,547	7,09	0,476	0,374	2,082	0,457	
Roßheu	do.	5,91	0,112	0,120	0,629	2,022	0,112	1,951	5,91	0,532	0,198	0,232	0,215	
Weißheu	do.	5,96	0,440	0,147	0,597	1,927	0,440	0,985	5,96	0,840	0,436	0,269	0,219	
Bastardheu	do.	3,78	0,053	—	0,578	1,204	0,053	1,278	3,78	0,380	0,153	0,045	0,112	
Hopfenheu	do.	5,83	0,258	0,078	0,578	1,239	0,258	2,274	5,83	0,417	0,302	0,096	0,685	
Heu von Luzerne	do.	6,05	0,071	0,091	0,342	2,580	0,071	1,782	6,05	0,503	0,364	0,140	0,209	
Heu von Esparfette	do.	5,20	0,104	0,050	0,374	1,975	0,104	1,828	5,20	0,371	0,201	0,161	0,184	

Quellenangaben für den 1. Band.

Erste Abtheilung.

Kapitel I.

Der Kohlenstoff.

§ 2.

Saussure, Chemische Untersuchungen über die Vegetation, übersetzt von Voigt. Leipzig. 1805. p. 148—168.

Sprengel, Bodenkunde.

v. Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 7. Aufl. p. 6—17.

§ 3.

Mulder, die Chemie der Ackerkrume. Bd. I. p. 239 u. f.

Detmer, Landwirthschaftl. Versuchstationen. 1871. Bd. 19. p. 248—301.

Simon, ebends. Bd. 18. p. 452—472.

§ 4.

Polstorff, Preuß. Annalen. 6. Jahrgang, p. 252—257.

Magnus, ebends. Jahrgang 9, p. 1—23.

Salm-Horstmar, Journ. für pract. Chemie. Bd. 52. p. 1—37.

§ 5.

v. Liebig, a. a. D.

Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. Bd. II. p. 460.

E. Wolff, die naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaues; 3. Aufl. Leipzig 1856. p. 46.

Wiegmann und Polstorff, Preisschrift. p. 54.

de Saussure, a. a. D.

Malaguti, Comp. rend. 1852 Nr. 3. Jan.

Soubeiran, Journ. für pract. Chemie. 50. Bd. p. 291—305 und 415—430.

Payen, Mem. sur les développements des végétaux. p. 7.

Detmer, a. a. D.

Simon, a. a. D.

W. Wolff, die landwirthschaftl. Versuchstationen. 1868. Bd. X. p. 13—24.

Hampe, Landwirthschaftl. Versuchstationen. Bd. IX. p. 49—71.

Wagner, die landwirthschaftl. Versuchstationen. 1869. Bd. XI. p. 287 und Bd. 13. p. 69 und 218.

Beyer, die landwirthschaftl. Versuchstationen. Bd. IX. p. 480.

§ 8.

- Péligot, *Ann. de Chimie et de Physique*, T. XLIV. p. 257.
 Boussingault, Mulder, *Chemie der Ackerkrume*. Bd. I. p. 192.
 de Saussure, a. a. D.
 G. u. A. Schlagintweit, *Sourn. für pract. Chemie*. Bd. 51. p. 106—111.
 Mène, *Compt. rend.* T. LVII. p. 155.
 Ueber die zufälligen Bestandtheile der atmosphärischen Luft:
 de Luca, *Compt. rend.* T. XLIX. p. 170 u. T. LI. p. 177; Chatin,
Compt. rend. T. L. p. 420 u. T. LI. p. 496.
 Thorpe, *Annalen der Chemie u. Pharmacie*. Bd. 145. p. 94 u. *Journal*
für practische Chemie. Bd. 101. p. 438.
 Fr. Schulze, *Landwirthschaftl. Versuchstationen*. Bd. 14. p. 366.
 Henneberg, *Journal für Landwirthschaft*. 1872. p. 341.
 Schönbein, *Ann. der Chemie und Pharmacie*. Bd. 124. p. 1—14 und
Journal für pract. Chemie. Bd. 86. p. 131—154.
 Pincus, *Landwirthschaftl. Versuchstationen*. Bd. 9. p. 473.
 Andrews,¹⁾ *Jahresbericht der Agriculturchemie*. X. p. 50.
 Houzeau, *Jahresbericht d. A.* IX. p. 63 und XIII I. p. 125.
 Struve, *Zeitschrift für analyt. Chemie*. 8. Jahrg. p. 315.
 Gorup-Besanez, *Ann. der Chemie und Pharmacie*. 1872. Bd. 161.
 p. 232—251.
 Reinsch, *Agronomische Zeitung*. 1866. p. 673.

§ 9.

Schmidt, *Poggendorfs Annalen* 1850.

§ 10.

- Schartling, Lehmann, *Physiologische Chemie*. Bd. III. p. 407.
 Lassaigue, Moser, *Grundzüge d. A.* p. 40.
 Schleiden, a. a. D. p. 455.
 Corenwinder, *Compt. rend.* 1855. II. p. 149.
 Priestley, *Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der*
Luft. 1780. Th. II. 89. und Th. III. 229—241.
 Perceval, ebendf. Th. III. p. 298.

§ 11.

- Ingenhouß, *Ueber die Ernährung der Gewächse und die Fruchtbarkeit des*
Bodens, deutsch von Fischer. 1798. p. 45—116.
 Sennebier, *Physiologie végétale*. T. III. p. 148—282.
 de Saussure, a. a. D.

§ 12.

- Saussure, a. a. D.
 Grisnow, Schulze, *Lehrbuch der Chemie für Landwirthe*. 2. Aufl. I. Bd.
 p. 56.
 Cloëz, *Jahresbericht von Liebig und Kopp*. 1862. p. 599.
 Gratiolet und Cloëz, *Compt. rend.* 1861. T. LIII. p. 862—884.

§ 13.

- Boussingault, *Compt. rend.* T. LIII. p. 862—884.

¹⁾ Hierfür von jetzt an die Abkürzung: *Jahresbericht d. A.*

§ 14.

Galvert, Journ. für pract. Chemie. Bd. 92. p. 330.

Cloëz, ebendf.

Boussingault, ebendf. p. 490.

§ 15.

Ingenhouß, a. a. D.

Sennebier, a. a. D.

Saussure, a. a. D. p. 60.

Boussingault, die Landwirthschaft in ihren Beziehungen zur Chemie u.

Deutsch von Gräger. Bd. I. p. 41.

Cloëz und Gratiolet, Journ. für pract. Chemie. 1861. p. 181—204.

v. Liebig, a. a. D. p. 34.

§ 16.

Draper, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. 1861. p. 219.

Cloëz und Gratiolet, a. a. D.

S. Sachs, Jahresbericht d. A. VII. p. 114.

Caillet, Compt. rend. Bd. 65. p. 322.

Prillieux, Compt. rend. Bd. 69. p. 294.

Déherain, Compt. rend. Bd. 69. p. 429.

Baranetzky, Jahresbericht d. A. XIII. Bd. II. p. 174.

Timirjaseff, ebendf. XVIII. Bd. I. p. 343.

Lommel, Deconomische Fortschritte. 1871. p. 265.

Pfeffer, Landwirthschaftliche Versuchstationen. Bd. 15. p. 365.

Heinrich, ebendf. Bd. 13. p. 136.

Bohl, Wilda, landw. Centralblatt. 1862. p. 3—5.

§ 17.

Cloëz und Gratiolet, a. a. D.

Heinrich, a. a. D.

§ 18.

Saussure, a. a. D.

Cloëz, Compt. rend. L. VII. p. 834.

Corenwinder, Liebig und Kopp, Jahresbericht 1862. p. 600 und Compt.
rend. T. 62. p. 340.

Boussingault, Compt. rend. T. 63. p. 306.

Saussure, a. a. D.

§ 19.

Boussingault, Compt. rend. T. 63. p. 706.

Saussure, a. a. D.

Jodin, Compt. rend. T. 61. p. 506.

§ 20.

Stöckhardt und Peters, Versuchstationen. Bd. I. p. 21.

§ 21.

Boussingault und Lévy, Boussingault's Beiträge zur Agricultur-
chemie; Deutsch von Gräger. 1858. p. 179.

§ 22.

Boussingault, die Landwirthschaft u. Bd. II. p. 184.

Kapitel II.

Der Stickstoff.

§ 27.

Priestley
 Ingenhousz
 Saussure
 Sennebier } siehe Kohlenstoff.

§ 28.

Boussingault, Beiträge. 1856. p. 267—312 und Compt. rend. T. 39.
 p. 601.

§ 31.

Ville, Compt. rend. T. 35. p. 464, T. 41. p. 757—775, T. 57. p. 270.

§ 32.

Cloëz, Compt. rend. T. 41. p. 935.

§ 33.

Mène, Compt. rend. T. 32.

Harting und Gunning, Compt. rend. T. 41. p. 942—946.

Lawes, Gilbert und Pugh, Philosophical Transactions. London,
 Vol. 151. P. II. p. 431—579.

Roy, Compt. rend. T. 39. p. 1133.

Petzholdt, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. 26. Bd. p. 263.

Bretschneider, 4. Bericht der landwirthschaftl. Versuchstation zu Ida-
 Marienhütte. p. 108.

§ 35.

Schönbein, Annalen der Chemie. Bd. 179. p. 1—31, Bd. 125. p. 21—33,
 und Journal für pract. Chemie. Bd. 86. p. 131—154.

Carius, Annalen der Chemie. Bd. 174. p. 1.

Cloëz, a. a. O.

Liebig, Annalen der Chemie. Bd. 125. p. 21—33.

Böttcher, Journal für pract. Chemie. Bd. 85. p. 396.

Böhlig, Annalen der Chemie. Bd. 125. p. 21.

Zabelin, Annalen der Chemie. Bd. 130. p. 54—95.

Meißner, ebendf.

Carius, Annalen der Chemie. Bd. 174. p. 31—56.

Baumert und Goppelsröder, ebendf.

Boussingault, Compt. rend. 1876. Bd. 82.

Knop, Kreislauf des Stoffes, 104.

Schlösing, Compt. rend. 77. p. 203 und 353.

Déhérain, Compt. rend. Bd. 73. p. 1352 und Preuß. Annalen, 1872.
 p. 51.

Wolf, Preuß. Annalen d. Landw. XII. Jahrg. 1872. p. 191.

§ 37.

Boussingault, Wilsa, landwirthschaftl. Centralblatt. 1856. p. 96—104.

Ville, Compt. rend. T. 41. p. 938 und p. 987, T. 43. p. 85—89, p. 612
 und 832.

Knop, s. die Versuche in wässerigen Lösungen.

Stohmann, Henneberg's Journal für Landwirthschaft. 1864. p. 65—76.

Robbe
 Lampe
 Beher
 W. Wolf
 C. Wolff
 Wagner

} siehe Abtheilung II, Kapitel I.

§ 38.

Kuhlmann, *Ann. de Chimie et de Physique*. T. XX. p. 223.
 Grouven, *Agromische Zeitung*. 1857. p. 761.
 Hofäus, *Zeitschrift für deutsche Landwirth*. 1864. p. 337, 1865. p. 97 u.
 1866. p. 5.
 Frühling und Grouven, *Versuchsstationen*. Bd. 8. p. 471, Bd. 9. p. 9
 und p. 150.
 Wulfert, *Versuchsstationen*. Bd. 12. p. 164.
 Desmarest, *Compt. rend.* T. 43. p. 316.

§ 39.

Reiset, *Compt. rend.* T. 42. p. 43—59.
 Wille, ebendf. T. 43. p. 143.
 Lawes und Gilbert, *Philos. Trans. act.* P. II. 1861. p. 497—508 und
Landw. Jahrbücher. 1873. Bd. II. p. 111.
 König und Riefow, *Landw. Jahrb.* 1873. Bd. II. p. 107.
 Schönbein, a. a. D.

§ 40.

Mulder, *Chemie der Ackerkrume*. Bd. I. p. 195.
 Boussingault } v. Liebig's Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur.
 Berzelius } 7. Aufl. 1862. p. 305.
 Braconnot, *Ann. de Chimie et de Physique*. T. LXVII. p. 104.
 Altheer, *Journal für pract. Chemie*. Bd. 50. p. 431.
 Le Voir, *Journal für pract. Chemie*. Bd. 84. p. 326.
 Marshal Hall } v. Liebig's Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur u.
 v. Liebig } 7. Aufl. p. 307.
 Will }
 Fr. Schulze, *Lehrbuch der Chemie für Landw.* II. Bd. p. 271.
 Simon, *Versuchsstationen*. 1875. p. 454.
 Page l, *Landwirthschaftliche Jahrbücher*. 1877. I. Suppl.-Heft. p. 351.

§ 41.

Saussure, a. a. D.
 Faraday, *Quaterly Journ. of Science*. T. XIX. p. 16 und *Journ. für
 pract. Chemie*. Bd. 28. p. 307.
 Böhlig, *Liebig's Annalen*. Bd. 125. p. 21.
 Boussingault, *Compt. rend.* 1853. p. 487.

§ 42.

Balling, *Romers, Jahrbuch für österr. Landwirth*. II. Jahrg. p. 39.
 Knop, *Versuchsstationen*. Bd. VII. p. 93.
 Rautenberg und Kühn, *Henneberg's Journal für Landw.* Bd. 9. 1864.
 p. 107—140.
 Stohmann, a. a. D.
 Knop und Wolf, *Versuchsstationen*. Bd. 3. p. 207—236 und Bd. 4.
 p. 67—89.

- Chabrier, Chem. Centralblatt. 1871. p. 486.
 Birner und Lucanus, landwirthschaftl. Versuchsstationen. Bd. 8. p. 128.
 Meyer, Versuchsstationen. Bd. 9. p. 480 und Bd. XI. p. 267.
 Hampe, Versuchsstationen. Bd. 9. p. 157 und Bd. X. p. 175.
 Wagner, Versuchsstationen. Bd. XI. p. 287.
 Lehmann, Zeitschrift des landw. Vereins in Baiern. 1874. p. 451.
 Kühn, Versuchsstationen. Bd. 9. p. 167.

§ 43.

- Ville, Compt. rend. T. 43. 1856. p. 612.
 Hofäus, a. a. D.
 Kühn, a. a. D.
 Lehmann, a. a. D.

§ 45.

- Sachs, Chem. Uebersmann. 1860. p. 159.
 Mayer, Versuchsstationen. Bd. 17. p. 329—389.

§ 48.

- Boussingault, die Landwirthschaft. Bd. II. p. 184.
 M. Müller, Journal für pract. Chemie. Bd. 96. p. 339.

§ 49.

- Kuhlmann, Compt. rend. 1843. p. 1118.
 Schattenmann, ebendf. p. 1118.
 Fr. Schulze, Lehrbuch der Chemie für Landwirthe. II. Aufl. 1860. 1. Bd.
 p. 134.
 G. Wolff, die naturgesetzlichen Grundlagen des Ueberbaues. III. Aufl. 1856.
 p. 741.

§ 51.

- Cameron, Jahresbericht von Kopp und Will. 1857. p. 513 und 1860.
 p. 525.
 Ville, Compt. rend. T. LV. p. 32.
 Hampe, Versuchsstationen. Bd. VII. p. 308 und Bd. VIII. p. 225.
 Knop und Wolf, Versuchsstationen. Bd. VII. p. 463.

§ 52.

- Barral, Journal für pract. Chemie. Bd. 58. p. 373.
 Way, Wida's Centralblatt. 1857. Bd. V. p. 413.
 Bobierre, Krocker, Centralblatt. Jahrg. XIII. p. 46 und Journal für
 pract. Chemie. Bd. 95. p. 318.
 Boussingault, Wida's Centralblatt. 6. Jahrg. p. 165.
 Way, a. a. D.
 Boussingault, a. a. D.
 Reichardt, Chem. Centralblatt. 1865. p. 93.
 Boussingault, a. a. D.
 Deville, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1847 und 1848. p. 996.
 Boussingault, Compt. rend. T. 57.
 Knop und Wolf, Versuchsstationen. Bd. 5. p. 137—161.
 Deville, a. a. D.
 Knop und Wolf, a. a. D.
 Knop und Wolf, a. a. D.

§ 53.

- Gräger } v. Liebig's Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur. 7. Aufl.
 Kemp } p. 63.
 Fresenius, Journal für pract. Chemic. Bd. XLVI. p. 105.
 Horsford }
 F. Pierre } v. Liebig. p. 63.
 G. Wille }
- Boussingault, Beiträge. 1856. p. 217—245 und p. 245—267; hier
 auch die folgenden Untersuchungen v. B.
 Way, Wüld's Centralblatt. 1857. p. 414.
 Filhot, Compt. rend. 1855. T. 41. p. 838.
 Barral, Boussingault's Beiträge. p. 236.
 Knop und Wolf, Versuchsstationen. Bd. III. p. 116.
 Bobierre, Kroker's Centralblatt. 1865. p. 46.
 Reichardt, a. a. D.
 Boussingault, a. a. D.
 Knop und Wolf, a. a. D. p. 124.
 Boussingault, Compt. rend. T. 41. p. 405. Beiträge. p. 244.
 Filhol, ebends. p. 839.
 Knop und Wolf, a. a. D. p. 116.
 Knop und Wolf, a. a. D. p. 125.
 Marchand } Boussingault's Beiträge. p. 243 und Compt. rend.
 Boussingault } T. 41. p. 404.
 Knop und Wolf, a. a. D.
 Boussingault, a. a. D.
 Peters
 Vincus und Köllig }
 Ulbricht und Beyer }
 Kroker } Annalen der Landw. Bd. 48. p. 129 und
 Bretschneider } Bd. 50. p. 275.
 Scholz }
 Karmrodt }
 Ritthausen }

Kapitel III.

Der Wasserstoff.

§ 54.

Boussingault, Beiträge. p. 105.

§ 55.

Sennebier. a. a. D. p. 228.

Saussure, a. a. D. p. 199—219.

v. Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc. 7. Aufl.
 1. T. p. 53.

Boussingault, Landwirthschaft. Bd. I. p. 54.

Kapitel IV.

Der Sauerstoff.

§ 57.

Boussingault, Landwirthschaft. Bd. II. p. 184.

Seiden, Düngerlehre. I.

§ 59.

Malpighi, Fleischer, Beiträge zur Lehre von dem Keimen der Samen.
1851. p. 37.

Boyle

Muschenbroeck } Allgemeines Journal der Chemie. Bd. 9. 1802. p. 635.

Boerhave

Homberg

Saussure, Chem. Untersuchungen. 1805. p. 7.

v. Humboldt, Aphorismen. p. 78.

Böhm, Jahresbericht f. A. 1873—74. 1. Bd. p. 258.

Bert, Versuchstationen. Bd. XVII. p. 117.

Cossa, Versuchstationen. Bd. 18. p. 60.

Boussingault, Journal für pract. Chemie. Bd. 93. p. 1.

Hoffmann, Versuchstationen. Bd. VII. p. 49.

E. Heiden, Ueber das Keimen der Gerste. 1859. p. 23.

Göppert, Ueber die Wärmeentwicklung in den Pflanzten.

Dudemans, Mulder, Chemie des Bieres, Deutsch von Grimm. p. 150.

Thomson, ebendf. p. 145.

M. Schulz, Journal für pract. Chemie. Bd. 87. p. 129—174.

E. Heiden, a. a. D.

Hellriegel, Journal für pract. Chemie. Bd. 114. p. 94.

Sachs und Peters, Versuchstationen. Bd. III. p. 1.

§ 60.

Wiesner, Versuchstationen. Bd. XV. p. 135.

§ 61.

Sachsse, Versuchstationen. Bd. XVII. p. 88.

v. Gorup-Besanez, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. Bd. VII.
p. 146 und 569; Bd. X. p. 780.

Cossa, ebendf. Bd. VIII. p. 1357.

E. Schulze und Barbieri, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft.
Bd. 10. p. 199.

Sachsse, Chem. Centralblatt. 1872. p. 137.

de Vries, Landw. Jahrbücher. Bd. VI. 1877. p. 465—512, Bd. VII. 1878.
p. 218—251 und Bd. VII. 1878. p. 19—41.

Laskovskij, Versuchstationen. Bd. XVII. p. 219—244 und Bd. XVIII.
p. 405.

§ 62.

Saussure, a. a. D. p. 89.

§ 63.

Krusch, Chem. Ackermann. 1858. p. 151.

Becquerel, Compt. rend. T. XLVIII. p. 136 und L 331.

Dutrochet, Compt. rend. 1839. p. 695.

§ 65.

Cahours, Compt. rend. T. 58. p. 495 und 653 und Journal für pract.
Chem. Bd. 95. p. 248.

Frémy, Compt. rend. T. 58. p. 656.

Chatin, ebendf. p. 576.

Berthelot

Buignet } Kopp und Will, Jahresbericht. 1860. p. 537 und p. 539.

Cahours, Journal für pract. Chemie. Bd. 93. p. 5.

§ 66.

- J. Sachs, Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. 1865. p. 263.
 M. Mayer und v. Volkoff, landw. Jahrbücher. Bd. III. p. 481—527 ;
 Versuchstationen. Bd. 18. p. 245—279 und Bd. 19. p. 340—349.
 Nischawi, Versuchstationen. Bd. 19. p. 321—340.

§ 69.

- v. Vibra, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1850. p. 620.
 Knauß, ebendf. 1860. p. 830.
 Marchand, ebendf. 1849. p. 612.
 Baer, ebendf. 1855. p. 830.
 Pisani, Compt. rend. T. 41. p. 552.
 Kappel, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1859. p. 834.
 Galamai, ebendf. 1847 und 1848. p. 996.

§ 70.

- Reichardt und Erhart, landw. Centralblatt für Deutschland. 1875. p. 167—180.
 Deville, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1847 und 1848. p. 996.
 Clark, ebendf.
 Bull, ebendf.

§ 71.

- Reichardt und Erhart, a. a. D.
 Schröder, Chem. Ackermann. 1873. p. 81.
 Pierre, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. 11. Jahrg. p. 294.

§ 73.

- Ritthausen und Scheven, Mittheilungen aus Waldbau. p. 68.

§ 74.

- Mariotte, Essays de Physique. Bd. I. p. 133.
 Bonnet, Recherches sur l'usage des feuilles etc. Goettingen et Leide. 1754. p. 1—74 und 223—236.
 Ducharter (nicht Dutrochet), Annales des Sciences nat. 1861. p. 109—160 und Compt. rend. T. 46. p. 205.

§ 75.

- Cailletet, Compt. rend. 1871. p. 681.
 Bouffingault, Jahresbericht d. A. 1873/74. Bd. I. p. 268.
 Baillon, ebendf. p. 268.
 Böhm, Tageblatt der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Hamburg. 1876. Beilage. p. 144.
 Lanessan, Jahresbericht d. A. p. 373.

§ 76.

- Hales, Vegetable Statics. London. 1827. p. 4—76.
 Guettard, Mémoire de l'Académie royale des sciences. 1748. p. 569—586 und 1749. p. 265—315.
 Bonnet, a. a. D.
 Sennebier, Physiologie végétale. Vol. IV. p. 56.
 Knight, Phil. Transactions. 1803. p. 277—289.
 Saint-Martin, Lichtenberg's Magazin. Bd. VII. p. 18.
 Plenk, Physiologie und Pathologie der Pflanzen. Wien. 1795. p. 41.

- De Candolle, Physiologie végét. Vol. I. p. 108.
 Miquel, Ann. des sciences nat. T. XI. Bot. 1839. p. 43.
 Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. Bd. I. p. 287 und II. p. 487.
 v. Mohl, die vegetabilische Zelle. p. 223.
 Schübler, Meteorologie. p. 74.
 Lawes, Chem. News. 1858. p. 30.
 Knop, Versuchsstationen. Bd. I. p. 184.
 Unger, Sitzungsberichte der Wiener Academie der Wissenschaften, Math. und naturwissenschaftliche Classe, 2. Abth. XLIV. Bd. p. 181—218.
 Hofäus, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. Bd. 53. p. 259.
 Nisler, Jahresbericht d. A. Bd. XI und XII. p. 268.
 Haberlandt, Landw. Jahrbücher. Bd. V. p. 63—86.
 Sachs, Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. p. 222.
 Unger, a. a. D.
 Sachs, a. a. D. p. 229.
 Eder, Sitzungsberichte der k. k. Academie der Wissenschaften. Wien. Bd. LXXII. I. Abtheilung, Octoberfest. 1875.
 Nisler, a. a. D.
 Déhérain, Compt. rend. Bd. 69. p. 381 und Jahresbericht d. A. 1868/69. II. Bd. p. 273.
 Wiesner, Sitzungsbericht der k. k. Academie der Wissenschaften. 1876 und Jahresbericht d. A. 1875/76. p. 391.
 Unger, a. a. D.
 Baraneky, Jahresbericht d. A. 1870/72. Bd. II. p. 159.
 Sachs, Landw. Versuchsstationen. Bd. I. p. 203.
 A. Burgerstein, Jahresbericht d. A. 1875/76. Bd. I. p. 388, aus dem Sitzungsbericht der k. k. Academie der Wissenschaften. Bd. LXXIII. 1876. Märzheft.
 Unger, a. a. D.
 Sachs, Experimental-Physiologie der Pflanzen. p. 231.
 § 77.
 Parkes, Journ. the royal agricult. Society of England. Bd. XVII. p. 123.
 van Bebbler, Jahresbericht d. A. 1875/76. Bd. I. p. 100.
 § 78.
 Pfaff, Zeitschrift für Biologie. 1868. p. 249 und Jahresbericht d. A. 1868/69. p. 47.
 Lawes und Gilbert, J. S. Gilbert, Rainfall, Evaporation und Percolation. London. 1876.
 Ebermayer, die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Aschaffenburg. 1873. p. 169.
 § 80.
 v. Liebenberg, Landw. Centralblatt. 1876. p. 419.
 Neßler, Bericht über die Arbeiten der Versuchsstation Karlsruhe. 1870. p. 1.
 Schübler, Sprengel's Bodenkunde. p. 288.
 Trommer, Bodenkunde. p. 275.
 Knop, Versuchsstationen. Bd. VI. p. 281—301.
 Heinrich, Versuchsstationen. Bd. 18. p. 74.
 A. Mayer, Fühling, landwirthschaftl. Zeitung. Bd. 24. 1875. p. 87.
 v. Liebenberg, Landw. Centralblatt für Deutschland. 1876. p. 419.

Zweite Abtheilung.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Erster Abschnitt.

Kapitel I.

§ 82.

Saussure, Scheerer's Journal. Bd. 9. p. 644.

Wiegmann und Polstorff, Ueber die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen. 1842. Braunschweig.

Salm-Horstmar, Journal für pract. Chemie. Bd. 46. p. 193, Bd. 52. p. 1, Bd. 54. p. 129, Bd. 61. p. 149, Bd. 64. p. 1, Bd. 73. p. 790 und Bd. 80. p. 140.

§ 83.

Salm-Horstmar, a. a. D.

§ 84.

J. Sachs, Versuchstationen. Bd. II. p. 22 und 219; Bd. III. p. 30.

Knop, Versuchstationen. Bd. I. p. 181, Bd. II. p. 65, 87, 93 und 268, Bd. III. p. 295, Bd. IV. p. 173.

Stöckhardt, Amtlicher Bericht der Versammlung deutscher Land- und Forstwirthe zu Braunschweig. 1858 und Chem. Ackermann. 5. Jahrg. 28—36.

Stohmann, Versuchstationen. Bd. IV. p. 65 und Bd. VI. p. 347.

Fr. Nobbe und Siegert, Versuchstationen. Bd. V. p. 116, Bd. VI. p. 19 und 108.

Rautenberg und Kühn, Versuchstationen. Bd. VI. p. 355.

Birner und Lucanus, Versuchstationen. Bd. VII. p. 363.

W. Wolf, Deconomische Fortschritte. 1871. 150.

E. Wolff, die landwirthschaftl. Versuchstationen. 1868. p. 349.

M. Seydhecker, Versuchstationen. Bd. VIII. p. 177.

Du Hamel de Monceau, Naturgeschichte der Bäume, deutsch von Delhafen von Schöllnbach. Nürnberg. 1764.

Saussure, a. a. D.

Herth, Annalen der Chemie und Pharm. Bd. 89. p. 334.

Knop, 1. Bericht der Versuchstation Mückern. 1852. p. 50.

Schloßberger, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 81. p. 172.

Pelouze, Compt. rend. 1856. p. 117—123.

Salm-Horstmar, a. a. D.

P. Wagner, Landwirthschaftl. Versuchstationen. 1870/72. Bd. XI. p. 288 und Bd. 13. p. 69 und 218.

Hampe, ebendf. Bd. X. p. 175.

Beyer, Land. Versuchstationen. Bd. 11. p. 262.

§ 85.

Fr. Schulze, Lehrbuch der Chemie für Landwirthe. 4. Aufl. von Schübler's Grundsätzen d. A. Bd. I. p. 574.

Focke, Jahresbericht d. A. 1873/74. Bd. I. p. 245.

Nobbe, Landwirthschaftl. Versuchstationen. Bd. 13. p. 321 und 401.

A. Leclerc, Jahresbericht d. A. 1870/72. 2. Bd. p. 21.

- Bun sen und Kirchhoff, Annalen der Physik und Chemie. Bd. CX.
p. 315, CXIII. p. 337; Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 122.
p. 347.
- Grandeau, Compt. rend. T. LIV. p. 1058 und Journ. für pract. Chemie.
Bd. 86. p. 253.
- Lefebvre, Compt. rend. LV. p. 430 und Journ. für pract. Chemie.
Bd. 88. p. 64—85.
- Mitthausen, Journ. für pract. Chemie. Bd. 53. p. 413.
- Salm-Horstmar, Journ. für pract. Chemie. Bd. 40. p. 302.
- Aderholdt, Annalen der Chemie und Pharmacie. 82. Bd. p. 111.
- Ulex, Journ. für pract. Chemie. 1865. p. 367—374.
- Wicke, Versuchsstationen. Bd. VIII. p. 59.
- Dworzák, Landwirthschaftl. Versuchsstationen. Bd. 17. p. 398.
- Freitag, Dingler's polytechnisches Journal. 1873. Bd. 208. p. 235.

Kapitel II.

§ 87.

- v. Liebig, Naturwissenschaftl. Briefe über die moderne Landwirthschaft.
1859. p. 27 und p. 41.
- Bogel, Erdmann's und Marchand's Journal. Bd. 25. p. 209.
- Chevalier, Jahresbericht von Liebig und Kopp. 1847 und 1848. p. 822.
- Chatin } ebendsf. p. 822.
Gilhol }

§ 88.

- Fischer, Poggendorfs Annalen. Bd. 10.
- Dutrochet, Ann. de Chimie et de Physique. T. 25. p. 393. Annalen
der Chemie und Physik. 11. Bd. 1827. p. 138.
- Magnus, Poggendorfs Annalen. Bd. 10.
- Brunner, de ratione quae inter fluidorum cohaesionem et calorem
intercedit. 1846.
- Bierordt, Griesinger's Archiv für physiologische Heilkunde. 6. Jahrg. 1847.
p. 651—682.
- Solly, Henle und Pseuffer, Zeitschrift für rat. Medicin. 1849. p. 83—149.
- Ludwig, ebendsf. p. 1—53.
- v. Liebig, Untersuchungen über die Ursachen der Saftbewegung. Braun-
schweig. 1848.
- Schacht, Anatomie und Physiologie der Gewächse. 1. Th. p. 362.
- Schumacher, die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze. Leipzig
und Heidelberg. 1861.

§ 89.

- Dhlers, Linnaea von Schlechtendal. Bd. XI. p. 610.

§ 91.

- Saussure, Untersuchungen über die Vegetation u. s. w.
- Gorup-Besanez, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 68. p. 220.
- W. Wolf, Versuchsstationen. Bd. VI. p. 203 und Bd. VII. p. 193.

§ 92.

- Schumacher, Versuchsstationen. Bd. III. p. 197.
- W. Wolf, a. a. D.

Kapitel III.

§ 94.

- Gazzeri, Versuchsstationen. 1873. p. 57.
 Lambruschini, Versuchsstationen. 1873. p. 410.
 Sestini, Versuchsstationen. 1873. p. 409.
 Orth, ebendf. p. 56.
 Bronner, der Weinbau in Süddeutschland. 1836 und Kroeber, landw. Centralblatt. 1863. p. 284.
 Huxtable and Thomson, The Journ. of the Roy. Agric. Soc. of England, Bd. XI. p. 63.
 Way, The Journ. of England. Bd. XI. 313—380.
 Brustlein, Annales de Chimie et de Physique. T. LVI. p. 157—190.
 Stohmann und Henneberg, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 107. 1858. p. 152 und Journ. für Landw. N. F. 3. Bd. 1859. p. 25—48.
 Eichhorn, Hartstein's landw. Mittheilungen. 2. Heft. p. 142—143.
 Voelcker, Journ. of England. Bd. XLV. p. 105—134.
 Pochwiznew, Knop's Kreislauf des Stoffes. p. 502.
 Bretschneider, der Landwirth. 1872. p. 225.
 Warrington, Jahresbericht d. A. 1868/69. p. 95.
 Knop, die Bonitirung der Ackererde. 1871.
 Strehl, Landwirthschaftl. Versuchsstationen. 1874. Bd. 17. p. 62.
 Frey, ebendf. Bd. 18. p. 3.
 Pillnik, Zeitschrift für analytische Chemie. Bd. 14. 1875. p. 55 und 282.

§ 95.

- Way, a. a. D.
 v. Liebig, Annalen d. Chemie u. Pharmacie. 1858. Bd. CV. p. 109—144.
 Peters, Versuchsstationen. II. Bd. p. 112—152.
 Biedermann, Versuchsstationen. Bd. 11. p. 1—95. 1869.
 Heiden, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. Bd. XLI. p. 131.

§ 96.

- v. Liebig, a. a. D.
 Beyer, Preuß. Annalen. Bd. 52. p. 105.

§ 97.

- Way, a. a. D. (Bd. XI). p. 361 und Bd. XV. p. 491.
 Heiden, a. a. D. p. 135.
 Biedermann, Versuchsstationen. Bd. 11. p. 43.

§ 98.

- Way, a. a. D. (Bd. XI).
 v. Liebig, a. a. D.
 C. Heiden, a. a. D. p. 136.
 Biedermann, a. a. D. p. 45.

§ 100.

- v. Liebig, a. a. D.

§ 101.

- Way, a. a. D. (Bd. XI).
 v. Liebig, a. a. D.

Stohmann und Henneberg, a. a. D.

Peters, a. a. D.

E. Heiden, a. a. D. p. 253.

H. Beyer, Preuß. Annalen. Bd. 52. p. 104.

Biedermann, Versuchsstationen. Bd. 11. p. 49, 52 und 59.

H. Schulz, Centralblatt für Agriculturchemie. 1873. p. 6.

Eichhorn, Landw. Jahrbücher. 4. Bd. p. 1—33.

Ritthausen, Landw. Versuchsstationen. Bd. 20. p. 400.

Heiden, a. a. D. p. 257.

§ 102.

Knop

W. Wolf, } Landw. Versuchsstationen. Bd. V. p. 143.

Lehmann }

§ 103.

Henneberg und Stohmann, a. a. D.

Brustlein, a. a. D.

§ 104.

Bölker, a. a. D.

Peters, a. a. D.

E. Heiden, a. a. D. p. 243.

§ 106.

E. Heiden, a. a. D. p. 244.

§ 109.

E. Heiden, a. a. D. p. 245.

§ 110.

Way, a. a. D. Bd. XIII. p. 123.

v. Liebig, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 44. p. 365.

Brustlein, a. a. D.

Peters, a. a. D.

Kautenberg, Journ. für Landw. N. F. 7. Bd. p. 49.

Mulder, Chemie der Ackerkrume. Bd. I. p. 304.

§ 111.

Kautenberg, Chem. Centralblatt. 1863. p. 29.

§ 112.

E. Heiden, Preuß. Annalen der Landw. Bd. 43. p. 310 und Bd. 44.
p. 38 und Bd. 48. p. 248.

H. Beyer, Preuß. Annalen. Bd. 52. p. 104.

Eichhorn, Landw. Jahrbücher. Jahrg. 1875. p. 1.

§ 113.

Kautenberg, a. a. D.

E. Heiden, a. a. D.

Eichhorn, a. a. D.

§ 114.

Knop, Landwirthschaftl. Versuchsstationen. Bd. 7. p. 54.

Knop und Biedermann, Versuchsstationen. 1872. p. 32.

Strehl, Versuchstationen. Bd. 17. p. 64.
 Frey, Versuchstationen. Bd. 18. p. 13.

§ 115.

G. Heiden, a. a. O. Bd. 41. p. 143.
 v. Liebig, a. a. O. Bd. 105. p. 109—144.

Kapitel IV.

§ 116.

v. Liebig, Naturwissenschaftl. Briefe. 1859. p. 27.
 Krocker, Preuß. Annalen der Landw. Bd. 23. p. 391.
 Way, Journ. of England. Bd. 17. p. 123.
 Völcker, Journ. of the roy. Soc. of England. 1874. I. p. 132.

§ 117.

v. Liebig, a. a. O. p. 27, 40 und 41, 189 und 190.
 v. Liebig, Wochenblatt der Preuß. Annalen. 1861. p. 586.

§ 118.

v. Liebig, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 121. p. 339.

§ 119.

Gichhorn, Landw. Mittheilungen aus Poppelsdorf. Heft I. p. 22.
 Wunder, Versuchstationen. Bd. II. p. 104.
 Schuhmacher, ebends. Bd. IV. p. 270—307.
 Fraas und Böller, Wilda's Centralblatt. 1862. p. 5—20.
 Wunder, Versuchstationen. Bd. V. p. 34.
 Böller, ebends. Bd. V. p. 40.
 Schuhmacher } ebends. Bd. V. p. 210.
 Karmrodt }
 Stohmann, ebends. Bd. VI. p. 424.
 Festa, Journ. für Landw. 1873. p. 459.

§ 120.

Sprengel, Ueber die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen, Wiegmann und Volstorff. 1842. p. 44.
 Robbe, Versuchstationen. Bd. IV. p. 212.

§ 121.

Wiegmann, Ueber die organischen Bestandtheile der Pflanzen. 1842. p. 33.
 v. Liebig, Org. Chemie. 1840. p. 146.
 Macaire Princeps, Mémoire de la société d'histoire natur. de Genève. T. V. p. 282—302.
 Sachs, Botan. Zeitung. 1860. Nr. 13.
 G. Heiden, die Phosphorsäure in ihren Beziehungen zur Landwirthschaft. p. 72.

§ 123.

Thénard, Compt. rend. T. 46. p. 212.
 v. Liebig, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 106. p. 185—202.

Kapitel VI.

§ 126.

Caussure, a. a. D.

Berthier, Annales de Chimie et de Physique. T. 33. p. 254.

Hertwig, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 46. p. 97.

Vogel, ebends. Bd. 46. p. 139.

Norton, Pharmac. Centralblatt. 1847. p. 446.

E. Wolff, Journal für pract. Chemie. Bd. 44. p. 385.

Way und Ogston, Journal of England. Vol. 11. 1850. p. 497.

E. Staffel, Jahresbericht von Liebig und Kopp. 1850. Tab. D.

H. Müller, Journal für pract. Chemie. Bd. 52. p. 38.

E. Reichardt, Chem.=Pharmac. Centralblatt. 1853. p. 268 und 567.

Schulz=Fleeth, Journal für Landwirthschaft von Henneberg. 1855. II. p. 30.

Fr. Schulze und Greve, Chem.=Pharmac. Centralblatt. 1859. p. 406.

H. Urendt, Wachsthum der Haferpflanze. Leipzig 1859 und Versuchsstationen. Bd. I. p. 66. 1859.

H. Müller und Mittenzwei, Zeitschrift für Landwirthschaft von Stöckhardt. 1860. p. 67.

Bretschneider, Mittheilungen des landwirthschaftlichen Centralvereins für Schlesien. 11. Heft. p. 129. (Moharhirse); ebends. 10. Heft. p. 101. (Hafer); ebends. 11. Heft. 1860. p. 112; (Zuckerrübe) [im Verein mit Mezsdorf]. 4. Bericht der Versuchsstation zu Ida=Marienthütte. p. 74. (Riesenmöhre).

Bretschneider und Küllenberg, Mittheilungen des landwirthschaftlichen Centralvereins für Schlesien. 12. Heft. 1861. p. 76 und 13. Heft. 1862. p. 70. (Zuckerrübe); ebends. p. 121. (Wein).

Anderson, The Journal of agric. the Highland and agric. Society of Scotland. 1860. p. 306.

Wunder, Versuchsstationen. Bd. III. p. 19.

Hellriegel, Versuchsstationen. Bd. IV. p. 31. 1862.

G. Th. Dietrich, 2. Bericht über die Versuchsstation Heidau. 1864.

Ph. Böller, Versuchsstationen. Bd. VI. p. 231.

Fittbogen, Versuchsstationen. Bd. VII. p. 302.

Jul. Schröder, Archiv für die Naturkunde Liv-, Esth- und Kurlands, 2. Ser. Bd. 7. p. 1.

H. Beyer, Stöckhardt's chemischer Ackermann. 1867. p. 24.

H. Schulz, Versuchsstationen. Bd. 9. p. 203. 1867.

H. Beyer, Versuchsstationen. Bd. 9. p. 168. 1867.

Pincus und Böllig, Versuchsstationen. Bd. 10. p. 402 und 511. 1868.

Heiden und Voigt } noch nicht publicirt.
Heiden und Wegke }

§ 129.

Mitthausen, Mittheilungen aus Waldau. Heft 1. 1859. p. 111.

Scheven, a. a. D.

E. Wolff und Yelin, Mittheilungen aus Hohenheim. 5. Heft. p. 273 (Winterweizen), p. 230 (Gerste), p. 221 (Wintergerste) und p. 245 (Hafer). 1860.

Bretschneider und Mezsdorf, Mittheilungen des landw. Centralvereins für Schlesien. Heft 11. p. 129. 1860.

- E. Wolff und Jelin, Mittheilungen aus Hohenheim. 5. Heft. p. 205 (Rothklee), p. 209 (Luzerne), p. 214 (Winterraps, Wolff und Maslo) und p. 181.
- E. Wolff, Mittheilungen aus Hohenheim. 5. Heft. p. 181 (Kartoffeln); ebend. p. 197 (Guterrunkel).
- Bretschneider, Mittheilungen des landw. Centralvereins für Schlesien. Heft 12. p. 93.
- Bretschneider und Küllenbergh, Wein a. a. D.
- Ulbricht, a. a. D.
- Pincus, 3. Bericht über die Versuchstation Insterburg. 1863. p. 47.
- Dietrich, 2. Bericht von Heidau. 1864.
- E. Heiden, Versuchstationen. Bd. VII. p. 228. 1865.
- Ph. Böller, Journal für Landw. von Henneberg. 1867. p. 310.
- Heiden, v. Gruber und Fritzsche, Bericht über die Versuchstation Pommritz. 1868/69. p. 79.
- Deek, Journal für Landwirthschaft. 1873. p. 57.
- S. Fittbogen, Landw. Versuchstationen. Bd. 13. p. 81.
- H. Heinrich, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. Bd. 57. 1871. p. 31.
- P. Wagner, Bericht der Versuchstation Darmstadt. 1874. Jahresbericht d. A. 1873/74. I. p. 294.
- Heiden und Günz, noch nicht publicirt.

§ 133.

- Mitthausen, a. a. D.
- Urendt, Versuchstationen. Bd. I. p. 66. 1859.
- G. Wunder, Landw. Versuchstationen. Bd. 4. p. 113. 1862.

§ 134.

- Röchlin, Wolff's Chem. Forschungen u. p. 326. 1847.
- Way und Ogston, Jahresbericht von Liebig und Kopp. 1849 Tab. D. und 1850 Tab. A (Gerste) und 1849 Tab. B und C (Erbsen).
- Preuß. Oeconomie-Collegium, Journal für pract. Chemie. Bd. 48. p. 476. 1849. (Kohlreps) und Jahresbericht von Liebig und Kopp. 1849 Tab. B (Erbsen).
- Way und Ogston, Journal of England. Vol. 11. part. II. p. 497.
- E. Röthe, Annalen der Chemie und Pharmacie. N. N. Bd. XIV. p. 255.
- Way und Ogston, Journal of the agric. Society of England und Strumpf, Fortschritte der angew. Chemie. 1853. p. 143.
- Schulz-Fleeth, Annalen von Poggendorf. Bd. 92. p. 266 und Henneberg's Journal für Landw. 1855. II. p. 26.
- Rnop und Ritter, Versuchstationen. Bd. I. p. 17.
- Malagutti und Dutrocher, Compt. rend. T. 43. p. 384—388, 446—450 und 482—484.
- Rautenberg, Henneberg's Journal für Landw. 1861. p. 97 (Winterroggen) und p. 94 (Rothklee).
- Ulbricht, Versuchstationen. Bd. 3. p. 241 und Bd. 4. p. 1.
- Gylerts, Chem. Centralblatt. 1862. p. 154.
- Anderson, Henneberg's Jahresbericht für 1865. p. 111.
- H. Schulz, Zeitschrift für die Rübenzuckerindustrie. 1866. p. 435.
- Wegoldt, Journal für pract. Chemie. Bd. 95. p. 211.
- Dietrich, (Rothklee).
- E. Wolff, Aschen-Analysen. p. 57.

§ 135.

- Bouffingault, Landwirthschaft. Bd. 2. p. 148. 1844.
 Lawes und Gilbert, Journ. of the Chemical Soc. of London. Vol. X. p. 1. 1846.
 C. Wolff, (Gerste, Stroh), Journ. für pract. Chemie. Bd. 51. p. 34 und Bd. 52. p. 111. 1850. (Buchweizen), ebendf. Bd. 51. p. 35. 1850 und Bd. 52. p. 103. (Ackerpörgel), ebendf. Bd. 51. p. 24. 1850 und Bd. 52. p. 86.
 Fr. Schulze, (Sommerweizen und Ackerbohne) 3. Auflage von Schübler's Agriculturchemie II 119. 1853.
 Daubeny, The Quaterly Journ. of the Chem. Soc. of London. Vol. V. 1853.
 Ritthausen, 4. Bericht der Versuchstation Möckern. 1855. p. 46.
 Böller, Ergebnisse landwirthschaftlicher und agriculturchemischer Versuche an der Station des bayerischen landw. Vereins. 2. H. p. 1.
 Lawes und Gilbert, Journ. Roy. Agric. Soc. of England. Vol. XVIII. p. 454. 1859.
 Bretschneider und Küllenbergh, (Zuckerrübe), Mitth. des landw. Centralvereins für Schlesien. 10. Heft. p. 76. 1859.
 Bretschneider und Mezendorf, (Kartoffel), ebendf. 11. H. p. 72.
 Siegert, Versuchstationen, Bd. III. p. 128.
 Schöffing, Compt. rend. T. L. p. 1027.
 Bretschneider und Küllenbergh, (Rothklee), Mitth. des landw. Vereins für Schlesien. 13. H. p. 136. (Zuckerrübe), desgl. 12. H. p. 68.
 Ritthausen, Mittheilungen aus Waldau. Bd. I. p. 100.
 Karmrodt, Landw. Centralblatt, 1858 II 261 und Henneberg's Journ. für Landw. 1859 Bd. 4. 238.
 Pincus und Falke, 1. Bericht von Insterburg. p. 58.
 Anderson, Journ. Highl. Soc. 1862. p. 291.
 Hulwa, Zeitschrift für deutsche Landwirth. 1861. p. 290.
 Birner und Lucanus, Landw. Versuchstationen. Bd. 8. p. 128. 1866.
 Böller, (Zwergbohne), Henneberg's Journal für Landwirthschaft. 1866. p. 199. (Kartoffel), ebendf. p. 212. (Zuckerrübe), ebendf. p. 80.
 Kreuzhage, Henneberg's Journal für Landw. 1866. p. 413.
 Pincus und Böllig, (Rothklee), Versuchstationen 10. p. 402; (Zuckerrübe), 5. Bericht der Versuchstation Insterburg. 1867. p. 77.
 Heidprim, Landw. Versuchstationen. Bd. 10. p. 379. 1868.
 Fleischmann und v. Giese, Versuchstationen, Bd. 11. 1869. p. 311.
 Stohmann, Zeitschrift für die Rübenzuckerindustrie, 1869, p. 273.
 Heiden und Voigt, }
 Heiden und Weßke, } noch nicht publicirt.
 Heiden und Günk, }

§ 136.

- Hilger, Versuchstationen. Bd. 17. p. 245.
 Mulder, Chemie der Ackerkrume. Bd. II. p. 158.
 Schleiden und Schacht, Chemie und Physiologie der Pflanzen. 1858. p. 108.
 A. Mayer, Versuchstationen. Bd. 18. 1875. p. 410.
 Stuger, Landwirthschaftl. Versuchstationen. Bd. 21. p. 93—133.
 Sachs, Experimentalphysiologie der Pflanzen. p. 319.
 Heyne, Transactions of Linn. Soc. Vol. V. p. 213.

- Vink, Scheerer's Annalen. Bd. 4. p. 244.
 de Vries, Landw. Jahrbücher. 1876. p. 469.
 Mercadante, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. 1875. II. p. 1200.
 Reinke } Jahresbericht d. A. 1873/74. I. Bd. p. 279.
 Drude }
 J. Böhm, Jahresbericht d. A. 1873/74. 1. Bd. p. 284 und 1875/76. p. 255—
 297. Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. 1877. p. 1804.
 A. Morgen, ebendf. 1877. p. 234.
 Godlewsky, Jahresbericht d. A. 1873—74. 1. Bd. p. 280; Bd. 1875/76.
 p. 297.
 Briosi, Jahresbericht d. A. 1873/74. 1. Bd. p. 279 und 1877 p. 236.
 Holle, Jahresbericht d. A. 1877. p. 233.
 Nobbe, Schröder und Erdmann, Versuchstationen. Bd. 13. p. 321—
 399 und 401—418.
 Heinrich, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. Bd. 57. p. 31.
 Pierre, Jahresbericht d. A. 1875/76. 1. Bd. p. 316.

§ 137.

- v. Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung u. 7. Aufl. p. 95.
 Mitthausen, Mittheilungen aus Waldau. I. p. 100.
 Hagen, Sonnenschein und Weber. Journ. für pract. Chemie. Bd. 48.
 p. 447.
 Ville, Compt. rend. T. 51. p. 246.

§ 138.

- Weiß und Weisner, Sitzungsberichte der Wiener Academie der Wissen-
 schaften, math. naturw. Abth. 40. p. 276.

§ 139.

- Mayer, Liebig und Kopp, 1857. p. 638.
 Siegert, Versuchstationen. Bd. III. p. 128.
 Mitthausen und Pott, Versuchstationen. Bd. 16. p. 384.
 Schulze, Lehrbuch der Chemie für Landwirthe. II. Aufl. 1. Bd. p. 377.
 H. Kreuzler und E. Kern, Henneberg's Journal für Landwirthschaft.
 1876. p. 1.
 E. Heiden, Voigt und Weßke, noch nicht veröffentlicht.
 Arendt, siehe § 126.
 J. König, Landw. Zeitung für Westfalen und Lippe. 1875. Nr. 33.
 Mitthausen, Mittheilungen aus Waldau. I.

Zweiter Abschnitt.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen und ihr Vorkommen in der Natur.

Kapitel I.

§ 140.

- S. Haughton, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1859. p. 783.
 Whitney, ebendf.
 Hubert, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1847 und 1848. p. 1181.

- Kerndt, ebendf.
 Delesse
 Moll
 Kammelsberg } ebendf. 1849. p. 741.
 Diday, ebendf. 1852. p. 860.
 Genth, ebendf.
 Delesse, ebendf.
 Bischof
 Schnabel } ebendf. 1852. p. 860.
 Lasch
 Bischof
 Bothe
 Bischof
 v. Nath, Poggendorfs Annalen der Chemie und Physik. 1868. Bd. 135.
 p. 161.
 Kammelsberg, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1849. p. 750 und 1850.
 p. 727.
 Haughton, ebendf. 1859. p. 787.
 Delesse } ebendf. 1851. p. 785.
 Bromeis }
 Craw, ebendf. 1850. p. 726.
 Kammelsberg, ebendf. 1860. p. 760; 1855. p. 941 und 1860. p. 763.
 § 141.
 Kammelsberg } Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1847 und 1848.
 Marignac } p. 1192.
 Brusch, ebendf. 1868. p. 741.
 Hunt, ebendf. 1854. p. 839.
 Haushofer, Journal für pract. Chemie. 1867. Bd. 102. p. 38.
 § 142.
 Reichardt, Liebig und Kopp. 1862. p. 767.
 Erdmann, ebendf.
 § 143.
 Genth, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1859. p. 784.
 Poppeln, ebendf. 1859. p. 784.
 Diday, ebendf. 1852. p. 861.
 Delesse, ebendf. 1849. p. 749.
 Th. Petersen, Journal für pract. Chemie. 1873. p. 237.
 Scheerer } Annalen der Chemie und Physik. Bd. 126. p. 39.
 Hagen }
 Delesse, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1850. p. 720.
 v. Gerichten, Jahresbericht d. A. 1873/74. I. Bd. p. 4.
 § 144.
 v. Waltershausen, ebendf. 1853. p. 820.
 Gmelin, ebendf. 1850. p. 733.
 § 145.
 Nüggerath, Westermann. 1865. p. 520.
 § 146.
 v. Nath, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1851. p. 949.

Mammelsberg } Annalen der Chemie und Physik. Bd. 126. p. 39.
v. Nath }

Damour } Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1850. p. 724.
Mejger }

Dudemans jun., Journal für pract. Chemie. 1869. Bd. 106. p. 145.

Damour, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1850. p. 724.

Pothka, ebendsf. 1859. p. 785.

Drapiez } ebendsf. 1850. p. 720.
Lory }

Hermann, ebendsf. 1859. p. 786.

Delesse, ebendsf. 1847 und 1848. p. 1172.

Mammelsberg } ebendsf. 1862. p. 721.
Streng }

Mammelsberg, ebendsf. 1860. p. 758.

Delesse } Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1849. p. 741.
Ruffin }

Lory, ebendsf. 1850. p. 720.

§ 147.

Mammelsberg, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1847 und 1848. p. 1188.

Bunsen, ebendsf. 1847 und 1848. p. 1194.

Gibbs, ebendsf. p. 1188.

Engelhardt, ebendsf.

§ 148.

Bischof, Lehrbuch der chem. und physik. Geologie. 1855. Bd. II. p. 999.

§ 149.

Delesse, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1849. p. 737.

§ 153.

Rose, J. G. Kurr, Grundzüge der ökonomisch-technischen Mineralogie.
2. Aufl. 1844. p. 243.

Fornes }
Kersten }
Nesbit } Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1849. p. 817 und 825;
Schramm } 1851. p. 697.

Deß } Mulder, Chem. der Ackerkrume. Bd. I. p. 64.

Faist } Heuer, Bodenkunde. p. 114.

Bergemann } Senft, Bodenkunde. p. 8.

Sullivan } Wilda, Centralblatt. 8. Jahrg. Bd. II. p. 269.

H. Rose

Thomson

Wey

Senft, Heuer, a. a. D.

Déhérain, Wilda's Centralblatt. 9. Jahrg. 1. Bd. p. 542.

Handtke, Chem. Ackermann. 1860. p. 146.

Petersen, Journal für pract. Chemie. 1869. Bd. 106. p. 145.

Nessler und Muth, Bericht über die Arbeiten der Versuchstation Karlsruhe. 1870.

W. Fleischmann, Landw. Versuchstationen. 1872. Bd. 15. p. 74.

F. H. Storer und J. A. Henshan, Jahresbericht d. A. 1877. p. 4.

Völcker, The Journal of England. Vol. XXI. p. 350—381.

Weber, Journal für pract. Chemie. Bd. 53. p. 148. 1851.

- Schröder, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 89. p. 221.
 Blumme, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1852. p. 888.
 Peters, Chem. Ufersmann. 1860. p. 151.
 Armrod, Zeitschrift des landw. Vereins für Rheinpreußen. 1861. p. 389.
 Krocker, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. 1860. p. 151.
 Handtke, Chem. Ufersmann. 1860. p. 152.
 Whitney, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1854. p. 856.
 Jackson, ebendf. 1851. p. 815.
 Günz, noch nicht publicirt.

§ 154.

- Buckland, Journal of England. Vol. XXI. p. 350.
 Böcker, a. a. D.
 Herapath, Journal of England. Vol. VII. p. 91.
 Neuß, Chem. Centralblatt. 1856. p. 553.
 R. Hoffmann, Landw. Versuchstationen. Bd. III. p. 291.
 Ducléré und Déhérain, Hamm's agronomische Zeitung. 1860. p. 225.
 Brunnius, Privatmittheilung.
 Church, Journal für pract. Chemie. Bd. 104. p. 58.

Kapitel II.

Verwitterung der Gesteine und Mineralien.

§ 158.

- G. Rose, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1850. p. 787.

§ 159.

- Nammelsberg, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1879. p. 797.
 Neßler, Neßler und Muth, Neßler und Brigel, Bericht über Arbeiten der Versuchstation Carlruhe. 1870.
 J. Lemberg, Jahresbericht d. A. 1877. p. 18.
 Baronowsky, Jahresbericht d. A. 1875/76. Bd. I. p. 3.
 Ebenstreit, Jahresbericht d. A. 1877. p. 3.
 v. d. Mark, Jahresbericht von Liebig und Kopp. 1850.
 Hochmuth, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1849. p. 795.
 Gerth, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1847—1848. p. 1286.
 Frickinger, Jahresbericht d. A. 1875/76. Bd. I. p. 3.
 Nammelsberg, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1859. p. 805.
 Delesse, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1847—48. p. 1275.
 Hochmuth, a. a. D.
 C. Reichardt, Chemisches Centralblatt. 1874. p. 694.
 J. Lemberg, a. a. D.
 Delesse, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1850. p. 793.
 Delesse, ebendf. 1847—48. p. 1273.
 Morlot, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1847—1848. p. 1252.
 Pilger und Krauch, Annalen der Chemie. Bd. 185. p. 207.
 Bayer, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1848—49. p. 809.
 Delesse, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1848—49. p. 1281.
 Schafhäuse, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1849. p. 809.

§ 160.

- Delesse, Liebig und Kopp, Jahresbericht. 1850. p. 780.

Rammelsberg, ebendf.

W. B. und R. C. Rogers, ebendf. 1847 und 1848. p. 1245.

C. Haushofer, Journ. für pract. Chemie. Bd. 103. p. 121.

U. Cossa, ebendf. Bd. 106. p. 381.

§ 161.

Pavesi und Rotondi, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. Bd. 7. p. 818.

R. Müller, Jahresbericht d. A. 1877. p. 9.

§ 163.

Dietrich, Journal für pract. Chemie. Bd. 74. p. 12.

Beher, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. Bd. 57. p. 170.

§ 164.

Forchhammer, Annalen der Chemie und Physik. Bd. 35. p. 331 und Mulder, Chemie der Ackerkrume. Bd. I. p. 130.

Brongiart und Malaguti, Annalen der Chemie und Physik. Bd. 60. p. 89.

Fournet, Annal. de Chimie et de Physique. T. LV. p. 225.

Craffo, Bischof's Lehrbuch der chem. und physik. Geologie. 2. Bd. 1. Abth. p. 297.

Brongiart und Malaguti, a. a. O. p. 300.

Kapitel III.

Der Boden.

§ 175.

C. Heiden, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. Bd. 43. p. 310 und Bd. 49. p. 53.

Mulder, Chemie der Ackerkrume. Bd. I. p. 294.

§ 177.

Grandeau, Agriculturchem. Centralblatt. Bd. I. p. 269 und 323, ebendf. Bd. II. p. 331, ebendf. Bd. III. p. 66.

C. Heiden und Boigt, noch nicht veröffentlicht.

C. Heiden, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. Bd. 45. p. 189 und Bd. 50. p. 29.

§ 180.

U. Mayer, Lehrbuch der Agriculturchemie. II. Aufl. 2. Bd. p. 132—156.

Schübler, Sprengel's Bodenkunde. p. 288.

Trommer, Bodenkunde. p. 264.

Tietzsch

v. Litzrow

Haberlandt

Wollny

Alienkoff, Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 136. 1865. p. 100.

Hellriegel, Jahresbericht d. A. 1870/72. p. 161.

Wollny, der Einfluß der Pflanzendecke und Beschaffung zc. Berlin 1877. p. 105, p. 137 und p. 169.

§ 181.

H. Mayer, a. a. D. p. 132.

§ 182.

G. Reichardt und Blumtritt, Zeitschrift für deutsche Landwirthe. 1866.
p. 169.

G. Dobrich, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. 1868. Bd. 52. p. 181.

Fr. Scheermesser, Jahresbericht d. A. 1870/72. p. 82.

§ 184.

W. Schumacher, Physik des Bodens. p. 245.

Schübler und Schumacher, a. a. D.

L. Pfandler, Preuß. Annalen der Landwirthschaft. Bd. 48. p. 337.

Platter, ebendf. Bd. 56. p. 52.

E. Pott, Landwirthschaftl. Versuchstationen. Bd. 20. p. 273.

Wollny, a. a. D. p. 15.

A.

Absorption, Ursachen der der Basen 345.
Absorption, Ursachen der der Säuren 371.
Absorptionserscheinungen, Erklärung der 367.
Absorptionsfähigkeit der wasserhaltigen Silikate 351.
Absorptionsvermögen des Bodens, Geschichtliches 292.
Absorptionsvermögen des Bodens für Ammoniak 293.
Absorptionsvermögen des Bodens für Kali 304.
Absorptionsvermögen des Bodens für Kalkerde 316.
Absorptionsvermögen des Bodens für Kieselsäure 322.
Absorptionsvermögen des Bodens für Magnesia 319.
Absorptionsvermögen des Bodens für Natron 314.
Absorptionsvermögen des Bodens für Phosphorsäure 323.
Absorptionsvermögen des Bodens für Salpetersäure 334.
Absorptionsvermögen des Bodens für Schwefelsäure und Chlor 334.
Absorptionsvermögen der Humuskörper 362.
Ackererden, die physikalischen Eigenschaften der 563.
Aconitsäure 36.
Albit 493.
Albumin 7.
Alkaloide 15.
Ameisensäure 35.
Ammoniak, Organe der Pflanzen für die Aufnahme des 145.

Ammoniak, eine Quelle für den Wasserstoffbedarf der Pflanzen 172.
Ammoniak, eine direkte Stickstoffquelle für die Pflanzen 130.
Ammoniak, Verbindungen des bei der Aufnahme in die Pflanzen 395.
Ammoniak, Verhalten des Wassers gegen das von dem Boden absorbierte 336.
Ammoniak, Vorkommen des 122.
Ammoniakgehalt des Bodens 167.
Ammoniakgehalt des Flußwassers 164.
" des Hagels 163.
" der Luft 159.
" des Meerwassers 165.
" des Nebels 163.
" des Quellwassers 166.
" des Regens 160.
" des Schnees 164.
" des Teichwassers 166.
" des Thaus 164.
Ammoniak-Salze 530.
Amylum 22.
Andesin 494.
Anhydrit 503.
Anorthit 498.
Apatit 508.
Apfelsäure 36.
Arragonit 503.
Asche, Einfluß der äußeren Entwicklung auf die Zusammensetzung der in den Pflanzen 457.
Asche, Einfluß der Düngung auf die Zusammensetzung der 464.
Asche, Einfluß der physikalischen und chemischen Beschaffenheit d. Bodens auf die Zusammensetzung der in den Pflanzen 460.
Asche, Zusammensetzung der in den verschiedenen Perioden der Entwicklung der Pflanzen 450.

- Aschenbestandtheile in 100 Kilogr. der wichtigsten Feldfrüchte 583.
 Aschenbestandtheile der Pflanzen 260.
 Aschengehalt der Trockensubstanz der wichtigsten Culturpflanzen 402.
 Athmung der Pflanzen 197.
 Atmosphärische Niederschläge, Gehalt an Ammoniak und Salpetersäure 168.
 Atmosphärische Niederschläge des Herbstes und Winters 250.
 Aufnahme d. Pflanzennährstoffe durch die Pflanzen; Liebig's Theorie, Arbeiten pro et contra 380.
 Augit, Verwitterung des 538.
 Augit, Zusammensetzung des 499.

B.

- Baldriansäure 29.
 Basen, Verbindungen der in den Pflanzen 324 und 476.
 Basen, Absorption der 345.
 Basen, Bedeutung der für das Pflanzenleben 466.
 Basen, Vertretbarkeit der unter einander 474.
 Basen, Verbindungen der im Boden 546.
 Bernsteinsäure 36.
 Blaugallensäure 37.
 Boden, physikalische und chemische Beschaffenheit des 234.
 Boden, eine Kohlenstoffquelle der Pflanzen 46.
 Boden, Condensationsvermögen des für Wassergas 252 und 571.
 Boden, Condensationsvermögen des für andere Gase 572.
 Boden, chemische Analyse des 560.
 Boden, wasserfassende und wasserhaltende Kraft des 563.
 Boden, Bindigkeit und Lockerheit des 577.
 Bodenwärme 578.
 Bohne, Asche 416.
 Borneokampfer 32.
 Brezin 17.
 Brenztraubensäure 35.
 Brenzweinsäure 35.
 Buchweizen, Asche 414.
 Buttersäure 29.

C.

- Camphengruppe 30.
 Campher, der gewöhnliche 30.
 Caprin-, Capran- u. Capronsäure 29.
 Casein 14.
 Catechugerbsäure 37.
 Ceder-Campher 32.
 Cellulose 23.
 Cerealien, Vertheilung der Mineralstoffe in den Organen der 446.
 Cerealien, Zusammensetzung der Asche der in den verschiedenen Perioden der Entwicklung. 451.
 Cerosin 30.
 Chelidonin 19.
 Chinagerbstoff 37.
 Chinasäure 36.
 Chinin 18.
 Chlor 508.
 Chlor, Absorptionsvermögen des Bodens für 334.
 Chlor, Verbindungen, in welchen es in die Pflanzen eintritt 399.
 Chlor, Verbindungen des in den Pflanzen 482.
 Chlor, Verbindungen des im Boden 552.
 Chlorit 505.
 Chlorkalium 492.
 Chlorophyll 38.
 Chlorophyllwachs 30.
 Chromogene 45.
 Cichorien, Asche 430.
 Cinchonin 18.
 Citraconsäure 36.
 Citronenöl 31.
 Citronensäure 35.
 Codein 19.
 Colchicin 19.
 Condensationsvermögen des Bodens für Wassergas und andere Gase 252 und 571.
 Conglutin 14.
 Coniin 16.
 Copal 33.
 Coprolithen 514.
 Cruciferen, Vertheilung der Mineralstoffe bei den 449.
 Cumarin 32.
 Curcumin 45.
 Cuticularsubstanz 25.

D.

- Dammarharz 32.
 Delphinin 19.
 Dextrin 22.
 Dolomit 505.
 Drainwasser 373.
 Düngung, Einfluß der auf die Zusammensetzung der Asche der Culturpflanzen 464.

E.

- Eisen, Vorkommen in der Natur 506.
 Eisen, Verbindungen 396.
 Eisenoxyd, Vorkommen in den Pflanzen 477.
 Elemiharz 33.
 Emetin 19.
 Endosmose 275.
 Endosmotische Geseße 279 und 286.
 Epidot 499.
 Equisetsäure 36.
 Erbse, Asche 414.
 Esparsette, Asche 421 und 438.
 Essigsäurehydrat 35.
 Großmose 275.
 Erythryn 21.

F.

- Farbstoffe der Blüten 42.
 " des Krapp 44.
 Feldspath, Kalifeldspath 483.
 " Natronfeldspath 493.
 Feldspäthe, Verwitterung der 534.
 Fette 27.
 Fettsäuren 28.
 Fibrin 10.
 Flechtenfarbstoffe 43.
 Flußwasser 207.
 Fruchtzucker 20.
 Fumar säure 36.

G.

- Gaëdinsäure 29.
 Gallusgerbsäure 36.
 Gallus säure 37.
 Geinsäure 48.
 Gerste, Asche 408.
 Gerbsäure 36.

- Gesteins-Analysen 520.
 Gesteins-Trümmer 544.
 Gesteins-Verwitterung 518.
 Glaucin 19.
 Glimmerarten 486.
 Glimmerarten, Verwitterung der 538.
 Guajacharz 33.
 Guanoorten 514.
 Gummigutt 33.
 Gummilack 33.
 Gutta-Percha 34.
 Gyps 503.

H.

- Hafer, Asche 410.
 Hanf, Asche 425.
 Harze 32.
 Heu, Bastardklee, Asche 437.
 " Esparsette, Asche 438.
 " Hopfenklee, Asche 437.
 " rothes Kleeheu, Asche 435.
 " Luzerne, Asche 438.
 " italienisches, Raygras 439.
 " Steinklee, Asche 437.
 " Weisklee, Asche 437.
 " Wiesenheu, Asche 433.
 " Wundklee, Asche 436.
 Hopfen, Asche 425.
 Hopfenöl 31.
 Hornblende, Zusammensetzung 500.
 " Verwitterung 538.
 Humin 51.
 Huminsäure 50.
 Humus, Ursprung und Eigenschaften 47.
 Humus, in seinen Beziehungen zum Pflanzenleben 58.
 Humus, Nährstoffquelle der Pflanzen 90.
 Humuskörper, Absorptionsvermögen der 362.
 Humus säure 52.
 Humustheorie, geschichtliche Entwicklung 47.
 Hypochamin 17.
 Hypogäasäure 29.

I.

- Indican 43.
 Indigblau 43.

Indigo 43.
 Indigoweiß 43.
 Inulin 23.
 Isatin 43.
 Isoweinsäure 35.
 Itakon säure 36.

K.

Kaffeegerbsäure 37.
 Kali, Absorptionsvermögen des Bodens für 304.
 Kali, Verhalten von Wasser gegen das vom Boden absorbirte 338.
 Kali, Verbindungen, in denen es von den Pflanzen aufgenommen wird 394.
 Kali, Verbindungen in denen es in den Pflanzen vorkommt 476.
 Kali-Feldspath 483.
 Kali-Glimmer 487.
 Kali, schwefelsaures 492.
 Kali-Salze, als Factoren der Verwitterung 530.
 Kalk, Bedeutung desselben für die physikalischen Bodeneigenschaften 543.
 Kalk, kohlen saurer 502.
 " schwefelsaurer 502.
 " phosphorsaurer 503.
 Kalkerde, Absorptionsvermögen des Bodens für 316.
 Kalkerde, Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte 342.
 Kalkerde, Verbindungen, in denen sie in den Pflanzen vorkommt 476.
 Kalkerde, Vorkommen in der Natur 497.
 Kalkspath 502.
 Kalksalze 530.
 Kalkverbindungen, wie sie von den Pflanzen aufgenommen werden 396.
 Kartoffel, Asche 432.
 Kautschuk, der gemeine 34.
 Kautschukkörper 33.
 Keimen 180.
 Kiesergerbsäure 37.
 Kieselsäure, amorphe 507.
 " kry stallisirte 507.
 " lösliche 507.
 " unlösliche 507.
 " Absorptionsvermögen des Bodens für 322.

Kieselsäure, Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte 343.
 Kieselsäure, Verbindungen, in den sie von den Pflanzen aufgenommen wird 398.
 Kieselsäure, Verbindungen, in denen sie in den Pflanzen vorkommt 481.
 Kieselsäure, Ursachen der Absorption der 372.
 Kleber 8.
 Klee, Bastardklee, Asche 437.
 " Hopfenklee, Asche 437.
 " rothes Kleeheu, Asche 435.
 " Steinklee, Asche 437.
 " Wundklee, Asche 436.
 Knochen 515.
 Knollengewächse, Vertheilung der Mineralstoffe bei 449.
 Knollengewächse, Zusammensetzung der Asche der 456.
 Körper, die eiweißartigen 5.
 " stickstofffreie, organische 19.
 Kohlehydrate 19.
 Kohlen säure als Factor der Verwitterung 528.
 Kohlen säure, Gehalt der Luft an 62.
 Kohlen säure, als Kohlenstoffquelle der Pflanzen 70.
 Kohlen säure, ihre Zerlegung durch die Pflanzen 74.
 Kohlen säure des Bodens und die Quellen für die 86.
 Kohlenwasserstoffe 30.
 Korkstoffe 25.
 Krapp, Farbstoffe des 44.
 Krapp, Asche 427.

L.

Labrador 497.
 Lachmus 44.
 Laurinsäure 29.
 Legumin 14.
 Leguminosen, Vertheilung der Mineralstoffe in den 447.
 Leguminosen, Zusammensetzung der Asche der 454.
 Leim, Pflanzen 12.
 Lein, Asche 423.
 Leucit 490.
 Lichenin 23.
 Licht, Einfluß des auf die Transpiration der Pflanzen 231.

- Lignin 24.
 Linse, Asche 418.
 Lithionglimmer 489.
 Luft, atmosphärische 61.
 " Kohlenstoffquelle d. Pflanzen 61.
 " Menge der 67.
 " Wassergehalt der 230.
 Lupine, Asche 421.
 Luteolin 44.
 Luzerne, Heu, Asche 438.

M.

- Magnesia, Absorptionsvermögen des Bodens für 319.
 Magnesia, Bedeutung der für die physikalischen Bodeneigenschaften 544.
 Magnesia=Glimmer 488.
 " ,kohlen-saure 505.
 " ,schwefel-saure 506.
 " ,Verbindungen, in welchen sie in die Pflanzen eintritt 396.
 Magnesia, Verbindungen der in den Pflanzen 477.
 Magnesia, Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte 342.
 Magnesia, Vorkommen der 503.
 Mais, Asche 413.
 Mangan, Vorkommen des 506.
 Mastix 33.
 Meerwasser 205.
 Mekonsäure 36.
 Melin 41.
 Melitose 21.
 Membrandiffusion 275.
 Menthencampher 32.
 Metapektin 26.
 Metapektinsäure 27.
 Metaweinsäure 35.
 Meteorische Niederschläge in ihrer Beziehung zum Wasserbedarf der Pflanzen 258.
 Meteorische Wässer, Gehalt der an Pflanzennährstoffen 209.
 Methylconiin 16.
 Mineralien, phosphorsäurehalt. 508.
 " Verwitterung der 518.
 Mineralstoffe, die für die Pflanzen nothwendigen 262.
 Mineralstoffe, Vertheilung derselben in den einzelnen Organen der Pflanzen 445.

- Mineralstoffe, Bedeutung der für das Pflanzenleben 466.
 Mohrrüben, Asche 431.
 Moridin 45.
 Moringersäure 37.
 Morinsäure 37.
 Morphin 19.
 Mucin 11.
 Myristicinsäure 29.

N.

- Nährstoffe, Aufnahme der in die Pflanzen 273 und 389.
 Narcein 19.
 Narcotin 19.
 Natron, Absorptionsvermögen des Bodens für 314.
 Natron, Verhalten des Wassers gegen das vom Boden absorbirte 342.
 Natron, Verbindungen, in welchen dasselbe in die Pflanzen eintritt 395.
 Natron, Verbindung desselben in den Pflanzen 476.
 Natron=Feldspath 493.
 Natron=Salze, als Factoren der Verwitterung 530.
 Nebel 203.
 Nephelin 490.
 Nicotin 17.

O.

- Oele, die ätherischen 30.
 " die sauerstoffhaltigen 30.
 " die schwefelhaltigen 30.
 Olein oder Oelsäure 29.
 Oligoklas 494.
 Olin-säure 29.
 Opianin 19.
 Orcein 43.
 Organo-mineralische Substanz Grando's 552.
 Orlean 45.
 Orseille 43.
 Orthoklas 483.
 Osteolithen 514.
 Oxalsäure 34.
 Ojon 63.

P.

- Palmitinsäure 28.
 Palmwachs 30.

Papaverin 19.
 Paracasein 9.
 Parapektin 26.
 Parapektinsäure 27.
 Pektin 26.
 Pektose 26.
 Pektosinsäure 26.
 Pflanzen, Aschenbestandtheile der 260.
 " Athmung der 197.
 " Aufnahme der Nährstoffe durch die 273 und 389.
 Pflanzen, Bedarf der an Wasser 250.
 Pflanzen, Einfluß der Erschütterung auf die Transpiration der 232.
 Pflanzen, Nährstoffe der 5.
 Pflanzen, organische Bestandtheile der 5.
 Pflanzen, stickstoffhaltige Bestandtheile der 5.
 Pflanzen, unorganische Bestandtheile der 260.
 Pflanzen, Verbindungen, in welchen die Nährstoffe in dieselben eintreten (Basen, Säuren) 397.
 Pflanzen, Verhalten der in der Blüthe gegen den Sauerstoff 195.
 Pflanzen, Wachsthum der in wässerigen Lösungen 265.
 Pflanzenalkaloide 15.
 Pflanzeneiweiß 7.
 Pflanzenfarbstoffe 38.
 Pflanzenfibrin 10.
 Pflanzenleim 12.
 Pflanzennährstoffe, die des Bodens und die Verbindungen der in den 545.
 Pflanzensäuren 34.
 Pflanzenschleim 25.
 Phosphorsäure, Absorptionsvermögen des Bodens für 323.
 Phosphorsäure, Ursachen der Absorption der 371.
 Phosphorsäure, Verbindung, in welcher sie in die Pflanzen eintritt 396.
 Phosphorsäure, Verbindung der in den Pflanzen 477.
 Phosphorsäure, Verbindungen der in dem Boden 552.
 Phosphorsäure, Verhalten d. Wassers gegen die vom Boden absorbirte 344.

Porphyrroxin 19.
 Production, die Bedingung der landwirthschaftlichen 3.
 Propylnarcotin 19.
 Proteinkörper 7.
 Pseudomorphin 19.
 Pyrogallussäure 37.
 Pyropektinsäure 27.

Q.

Quellsäure 48.
 Quellsäure 48.
 Quellwasser 207.
 Quercetin 41.
 Quercitrin 41.
 Quercitronengerbstoff 37.

R.

Raps, Asche 422.
 Raygras, italienisches, Asche 439.
 Regen, wieviel von der durch den Regen zum Boden gelangenden Wassermenge verbleibt der Vegetation? 241.
 Regenwasser 238.
 Ricinelsäure 29.
 Ricinolsäure 29.
 Roggen, Sommerroggen, Asche 408.
 " Winterroggen, Asche 406.
 Rohrzucker 20.
 Rothgallussäure 37.
 Rothgerbstoff 37.
 Rothklee, Asche 420.
 Runkelrüben, Asche 427.

S.

Saccharate 20.
 Saflor 42.
 Safran 42.
 Salpeter 492.
 Salpetersäure, Absorptionsvermögen des Bodens für 334.
 Salpetersäure, Entstehungsweise der 102.
 Salpetersäure, Vorkommen der 110.
 Salpetersäure, ist die in Betreff des Stickstoffes ein Nahrungsmittel für die Gewächse? 110.
 Salpetersäure, wird die als solche von

- den Pflanzen aufgenommen oder findet vor ihrer Aufnahme erst eine Verwandlung in Ammoniak statt? 113.
- Salpetersäure, Verbindungen, in denen sie in die Pflanzen eintritt 398.
- Salpetersäure=Gehalt der atmosphärischen Niederschläge, der Gewässer und des Bodens 154.
- Sand, Bedeutung desselben für die physikalischen Bodeneigenschaften 543.
- Säuren, Absorption der 371.
- Säuren, Verbindungen, in welchen sie in die Pflanzen eintreten 396.
- Säuren, Verbindungen der in den Pflanzen 477.
- Sauerstoff, direkter Agens d. chemisch-vitalen Prozesse in den Pflanzen 179.
- Sauerstoff=Bedarf, Quellen für den der Pflanzen 176.
- Sauerstoff, weiterer Einfluß des auf das Leben der Pflanzen 192.
- Sauerstoff, Factor der Verwitterung 529.
- Sauerstoff, Material für die Stoff-erzeugung in den Pflanzen 176.
- Sauerstoff, Menge des von den Pflanzen ausgeschiedenen 177.
- Sauerstoff, Verhalten der Pflanzen in der Blüthe gegen den 195.
- Sauerstoff, Verhalten des beim Reifen der Früchte 196.
- Sauerstoff=Gehalt der atmosphärischen Luft 67.
- Sauerstoff=Verbrauch durch die Athmung der Menschen zc. 68.
- Schwefelcyan 32.
- Schwefelsäure, Absorptionsvermögen des Bodens für 334.
- Schwefelsäure, Verbindung der im Boden 552.
- Schwefelsäure, Verbindungen der in den Pflanzen 481.
- Schwefelsäure, Verbindungen, in welchen sie in die Pflanzen eintritt 398.
- Schwefelsäure, Vorkommen der 508.
- Schwefelsaures Kali 492.
- Serpentin 504.
- Serradella, Asche 420.
- Silikate, Absorptionsfähigkeit der wasserhaltigen 351.
- Silikate, Absorptionsversuche mit künstlich dargestellten 354.
- Silikate, Wirkung der bei der Absorption 358.
- Silikate, wasserfreie, kalihaltige 483.
- Silikate, wasserhaltige, kalihaltige 491.
- Silikate, wasserfreie, natronhaltige 493.
- Silikate, wasserhaltige, natronhaltige 495.
- Silikate, wasserfreie, kalkerdehaltige 497.
- Silikate, wasserhaltige, kalkerdehaltige 501.
- Solanin 17.
- Sonnenlicht, Bedeutung des für die Kohlensäure=Zerlegung durch die Pflanzen 77.
- Sorbit 21.
- Sparteïn 17.
- Speckstein 504.
- Stearinsäure 28.
- Steyrischer Klee, Asche 420.
- Stickstoff, stammt der der Pflanzen aus dem ungebundenen der atmosphärischen Luft? 93.
- Stickstoff, rührt der der Pflanzen theilweise oder ganz von der Salpetersäure her? 102.
- Stickstoff, rührt der der Pflanzen von Ammoniak her? 122.
- Stickstoff, reicht der in den meteorischen Niederschlägen in Form von Ammoniak und Salpetersäure enthaltene aus, um die Pflanzen mit dem ihnen nothwendigen zu versehen? 148.
- Stoppelrüben, Asche 430.
- Strychnin 17.
- Substanz, die organo-mineralische Grandeau's 552.

T.

- Tabak, Asche 427.
- Tageszeit, Einfluß der auf die Verdunstung des Wassers durch die Blätter 232.
- Talgsäure 28.
- Talk 504.

Serpentinharze 33.
 Serpentinöl 31.
 Thau 252.
 Thebain 19.
 Theobromin 18.
 Thimotheegrass, Asche 439.
 Thon, Bedeutung des für die physikalischen Bodeneigenschaften 541.
 Transpiration der Pflanzen 230.
 Transpirationswirkungen 228.
 Traubensäure 35.
 Traubenzucker 20.
 Turnips, Asche 429.

B.

Beratrin 19.
 Verwitterung der Gesteine und Mineralien 518.
 Biscin 34.

W.

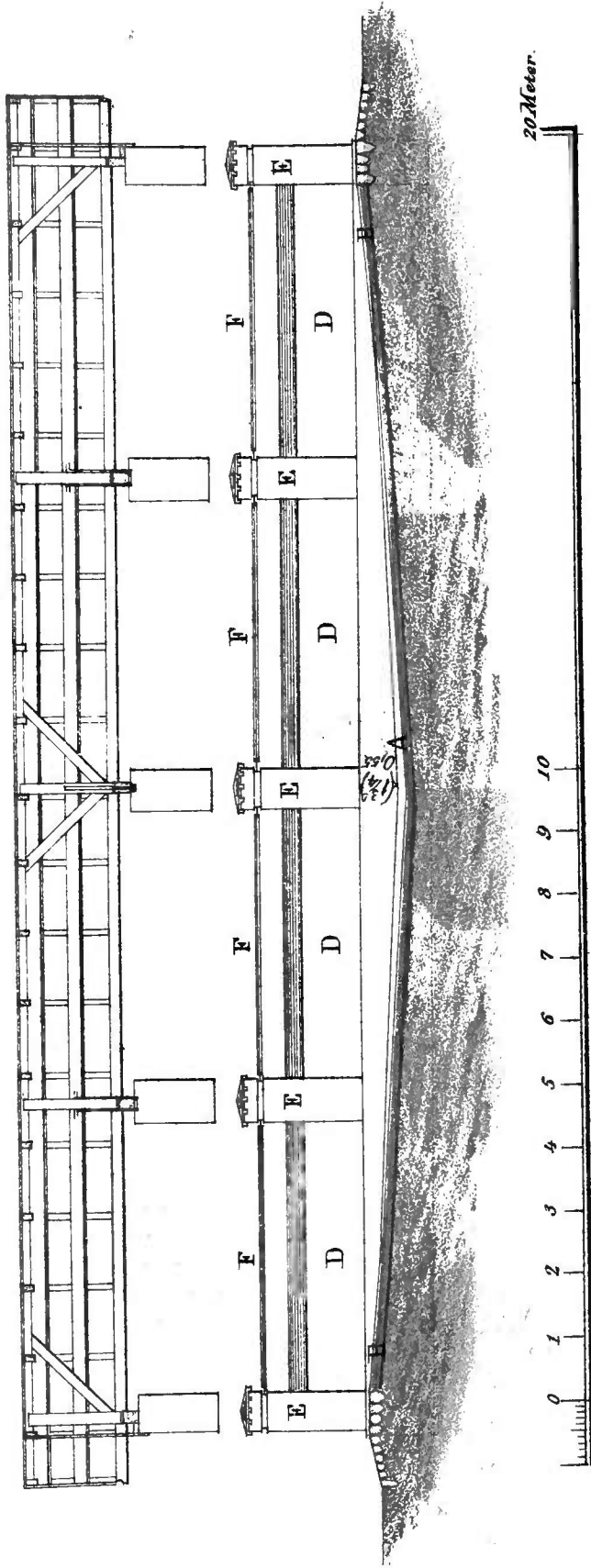
Wachsarten 29.
 Wachsartige Stoffe in den Cuticular-Gebilden 30.
 Wärme, Einfluß der auf die Zerlegung der Kohlensäure durch die Blätter 80.
 Wärme, Einfluß der auf die Transpiration der Pflanzen 230.
 Wärme der Pflanzen 192.
 Wasserigen Lösungen, das Wachstum der Pflanzen in den 265.
 Wasser, Aufnahme des durch die Pflanzen 217.
 Wasser, Bedeutung des für die Pflanzen 213.
 Wasser, chemische und physikalische Eigenschaften des 202.
 Wasser, Fluß-, Quell-, Meerwasser; meteorische Wässer 205.
 Wasser, Quelle für den Wasserstoff der Pflanzen 173.
 Wasser, Regenwasser und der Wasserbedarf der Pflanzen 238.
 Wasser, Verdunstung durch die Blätter 220.
 Wasser, Verdunstung in Beziehung zur Aufnahme der Nährstoffe 287.
 Wasser, Verhalten des Wassers gegen das vom Boden absorbierte Ammoniak 336.
 Wasser, Verhalten des gegen das vom Boden absorbierte Kali 338.

Wasser, Verhalten des gegen das vom Boden absorbierte Natron und Kalterde 342.
 Wasser, Verhalten des gegen die vom Boden absorbierte Kieselsäure 343.
 Wasser, Verhalten des gegen die vom Boden absorbierte Magnesia 342.
 Wasser, Verhalten des gegen die vom Boden absorbierte Phosphorsäure 344.
 Wasser, Verhalten der absorbierten Stoffe gegen 336.
 Wasser, Verwitterungsfactor 525.
 Wasser, Vorkommen des 205.
 Wasser, Zerlegung des durch die Pflanzen 173.
 Wasserbedarf der der Pflanzen 250.
 Wasserfassende und wasserhaltende Kraft des Bodens 563.
 Wasserfläche, Verhältniß zwischen der Verdunstung einer Wasserfläche und einer gleichgroßen Blattoberfläche 237.
 Wassergas, Condensationsvermögen des Bodens für 252.
 Wassergehalt der Luft 66.
 " der Pflanzen 213.
 Wasserstoff, Bedeutung des für das Pflanzenleben 172.
 Wein- oder Weinsäure 35.
 Weißklee, Asche 420.
 Weizen, Sommerweizen, Asche 405.
 " Winterweizen, Asche 403.
 Wermuthöl 32.
 Wicken, Asche 418.
 Wiesenheu, Asche, von Alpenwiesen 434.
 Wiesenheu, Asche, von gewöhnlichen Wiesen 433.
 Wiesenheu, Asche, von Weiden und verschiedenen Wiesen 435.
 Wolken 203
 Wurzelgewächse, Vertheilung der Mineralstoffe bei den 449.
 Wurzelgewächse, Zusammensetzung der Asche in den 455.
 Wurzelspitzen, Construction der 278.

Z.

Zellsaft 288.
 Zuckerarten 20.
 Zuckerrüben, Asche 431.

Blatt II



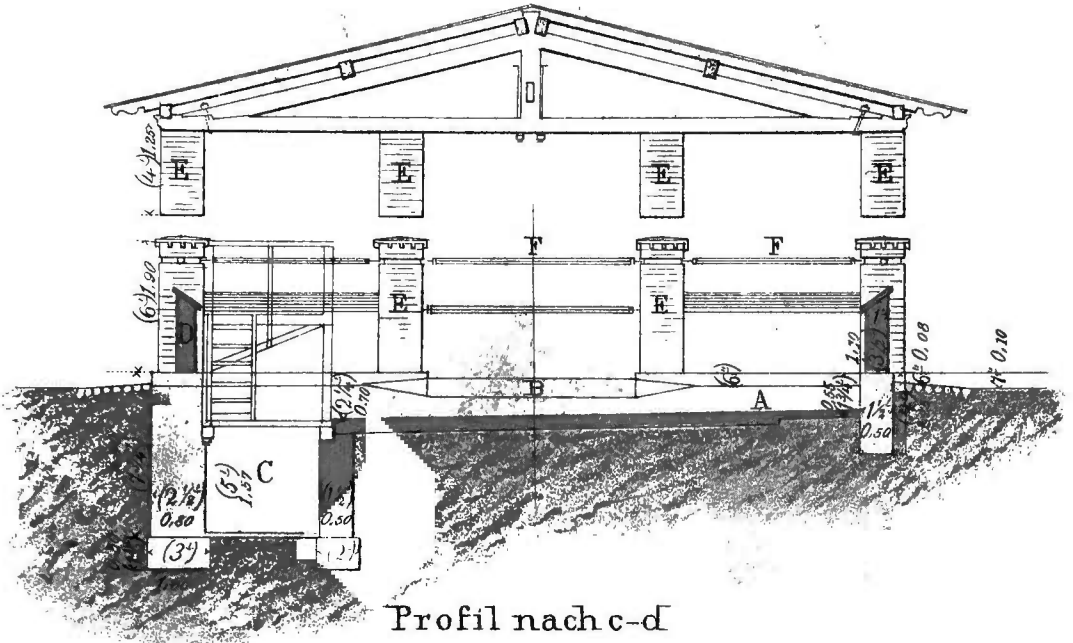
D. Umfassungsmauer
 E. Verstärkungspfeiler
 F. Einhängebänne

Profil nach a-b

A. Sohle
 B. Rampen
 C. Jauchegrube

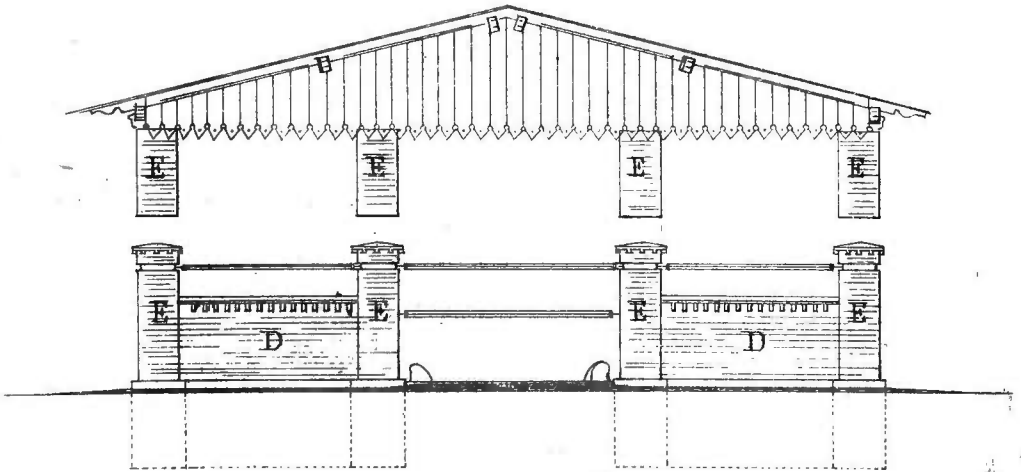
Zu Heiden Lehrbuch der Dingenlehre II. Auflage. Verlag v. Philipp Cohen, Hannover 1887.

Blatt III.



Profil nach c-d

- A. Sohle
- B. Rampen
- C. Tauchgrube
- D. Umfassungsmauer
- E. Verstärkungspfeiler
- F. Einhängebäume



Giebel-Ansicht

