



Nº

20



BEITRÄGE
ZU DEN
NATURWISSENSCHAFTLICHEN
GRUNDLAGEN DES ACKERBAUS
MIT
BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER
AGRIKULTUR-CHEMISCHEN METHODE
DER
SANDKULTUR.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn .
in Braunschweig.

P a p i e r
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

BEITRÄGE
BIBLIOTHECA DA ESCOLA A. P. "LUZ DE QUEIROZ"
ZU DEN

2219 - I -

NATURWISSENSCHAFTLICHEN 630 2

GRUNDLAGEN DES ACKERBAUS

MIT

BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DER

AGRIKULTUR-CHEMISCHEN METHODE

DER

SANDKULTUR.

EINE AUSWAHL VON VERSUCHEN

AUSGEFÜHRT

AN DER VERSUCHSSTATION DAHME

MITGETEILT

VON

PROF. DR. HERMANN HELLRIEGEL,

Direktor der landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Bernburg.

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1883.

Alle Rechte vorbehalten.

V O R R E D E.

Die Schrift, welche ich hiermit der Öffentlichkeit übergebe, war dazu bestimmt, den Landwirten der Mark Brandenburg und Niederlausitz bei Gelegenheit der 25jährigen Jubelfeier der Versuchsstation zu Dahme die Arbeiten dieses Instituts in den ersten siebenzehn Jahren seines Bestehens, welche zum größern Teile noch gar nicht, zum kleinern in verschiedenen Journalen, Spezialberichten, Protokollen (von denen einzelne zu erscheinen aufgehört haben, andere schwer zugänglich sind) verzettelt waren, in dem Zusammenhange zu geben, in welchem sie von vornherein gedacht und ausgeführt waren, und den Gründern und alten Freunden der Anstalt zugleich ein dankbares Erinnerungszeichen seitens des Verfassers an die Zeit zu bieten, in welcher er die Ehre hatte, die Versuchsstation Dahme zu leiten.

Die Verzögerung von einigen Monaten, welche das Erscheinen der Schrift erlitten hat, durch eine größere

Beschleunigung des Drucks zu vermeiden, lag außer meiner Macht und wird, wie ich hoffe, freundlich verziehen werden.

Eine viel größere Sorge bereitet mir die volle Erkenntnis des Gewagten, welches in dem Unternehmen liegt, innerhalb einer so rasch vorwärts strebenden Wissenschaft, wie die Agrikulturchemie ist, mit Versuchen hervorzutreten, deren Ausführung um ein und zwei Jahrzehnte zurückdatiert. Es wäre aber überflüssig, in dieser Beziehung viele Worte zu machen; ich muß es eben versuchen, ob es dem Buche gelingt, seine Existenz selbst zu entschuldigen.

Die in dem Werke mitgeteilten Versuche sind unter meiner Leitung von den in den Jahren 1858—1873 an der Station Dahme angestellten Assistenten, den Herren Dr. R. Ulbricht, Dr. B. Lucanus, R. Hellwig, Dr. J. Fittbogen, Dr. R. Frühling, Dr. P. Sorauer, Dr. R. Marx, Dr. J. Groenland, Dr. J. v. Bialoblocki und mir selbst ausgeführt. Die Ansprüche, welche ein Jeder von uns an der Arbeit zu erheben hat, werden am einfachsten durch die Angabe bezeichnet, daß wir in der Regel jedes Experiment als eine gemeinsame Aufgabe behandelten, denn es sind in der That kaum drei oder vier Versuche, bei welchen nicht jeder der gerade an der Station thätigen Beamten, sei es durch Rat oder That, mitgeholfen hätte. Ich habe es deshalb auch absichtlich im allgemeinen unterlassen, bei jedem einzelnen Experimente die Namen der beteiligten Experimentatoren zu nennen. Dagegen ist das Versuchsdatum überall gewissen-

haft beigelegt und man wird sich leicht über den Anteil, der einem Jeden von uns bei der Arbeit zukommt, orientieren, wenn ich anführe, daß als Beamte der Versuchsstation fungierten, resp. die Ausführung der Versuche in den Händen hatten:

R. Ulbricht	in den Jahren	1858—1864
B. Lucanus	„ „ „	1860—1862
R. Hellwig	„ „ „	1865—1868
J. Fittbogen	„ „ „	1865—1869
R. Frühling	„ „ „	1866—1868
P. Sorauer	„ „ „	1869—1871
R. Marx	„ „ „	1869—1873
J. v. Bialoblocki	im Jahre	1870
J. Groenland	in den Jahren	1872—1873
H. Hellriegel	„ „ „	1857—1873.

Bernburg, im April 1883.

I N H A L T.

	Seite
Einleitung	1
Erster Abschnitt.	
Der Same	39
1. Kapitel. Einfluss des absoluten und des spezifischen Gewichts der Samen auf die Entwicklung der Getreidepflanzen	42
A. Einfluss der absoluten Schwere des Samens	43
B. Einfluss der spezifischen Schwere des Samens	54
2. Kapitel. Einfluss des Reifestadiums auf Keimfähigkeit und Produktionskraft der Getreidesamen. — Wirkung des sogenannten Nachreifens	65
3. Kapitel. Einfluss des absoluten und spezifischen Gewichts der Saatknohle auf die Entwicklung der Kartoffelpflanze	83
A. Einfluss der absoluten Schwere der Knolle	94
B. Einfluss der spezifischen Schwere der Knolle	101
Rückblick	114
Zweiter Abschnitt.	
Wurzel und Bodenvolumen	118
1. Kapitel. Die Architektonik der Pflanzenwurzel	121
2. Kapitel. Einige beiläufige Beobachtungen über Entwicklungszeit, Länge, Gewicht der Wurzeln	163
3. Kapitel. Verhalten der Wurzeln in kleinen und flachen Gefäßen bei sehr beschränktem Bodenvolumen	184
4. Kapitel. Verhalten der Wurzeln in hohen Kulturgefäßen	194
5. Kapitel. Entwicklung der Wurzeln bei verschieden dichter Aussaat	225
6. Kapitel. Entwicklung der Wurzeln bei verschieden tiefer Aussaat	246
7. Kapitel. Entwicklung der Wurzeln im freien Lande	252
Rückblick	263
Dritter Abschnitt.	
Wärme und Licht	281
1. Kapitel. Einfluss niedriger Temperaturen auf das Keimen	284
2. Kapitel. Einfluss verschiedener konstanter Bodentemperaturen auf die Entwicklung der Pflanzen	305
3. Kapitel. Einfluss hoher Bodentemperaturen von kurzer Dauer auf die Vegetation	334

	Seite
4. Kapitel. Einige allgemeine Bemerkungen über das Wärme- und Lichtbedürfnis der Pflanzen in verschiedenen Lebensperioden. — Einfluß der Saatzeit	348
5. Kapitel. Über die Vegetation der Pflanzen in geschlossenen Räumen. — Einwirkung von direktem und diffusum Lichte auf die Pflanzen.	360
6. Kapitel. Entwicklung der Pflanzen in farbigem Lichte	374
7. Kapitel. Wachstum der Pflaunzen bei beschränktem Lichtzutritte. — Möglicher Maximalertrag auf einer gegebenen Feldfläche	385
8. Kapitel. Beziehungen der während der Vegetationszeit herrschenden Temperatur zu dem Ertrage	406
Rückblick	444

Vierter Abschnitt.

Wasser	452
1. Kapitel. Ursachen der Verdunstung	456
A. Wärme	456
B. Relative Feuchtigkeit der Luft	461
C. Bewegung der Luft	701
D. Licht	505
2. Kapitel. Wasserersatz aus dem Boden. — Welken der Pflanzen .	526
3. Kapitel. Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Produktion . . .	545
4. Kapitel. Einfluß kürzerer Durstperioden auf die Produktion . . .	598
5. Kapitel. Verhältnis zwischen Produktion und Verdunstung. — Wie viel Wasser verbraucht eine Pflanze während der Erzeugung von einem Gramm Trockensubstanz durchschnittlich?	622
6. Kapitel. Relative Feuchtigkeit der Luft in Dahme	664
7. Kapitel. Größe der verdunstenden Oberfläche bei verschiedenen Pflanzenarten. — Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf den Bau der Gewächse	673
8. Kapitel. Verhältnis zwischen Wasserbedarf der Pflanzen und Regenfall	701
9. Kapitel. Verhalten des Bodens gegen das gasförmige Wasser der Atmosphäre	708
10. Kapitel. Verteilung des Regenfalls im Boden. — Wasserfasseude Kraft des Bodens	717
Rückblick	752

Fünfter Abschnitt.

Die agrikulturchemische Methode der sogenannten Sandkultur	762
--	-----

EINLEITUNG.

Es war eine reichbewegte und kampfesfröhliche Epoche in der Geschichte der Landwirtschaft, als die Versuchsstation der Mark Brandenburg und Niederlausitz mit dem Beginne des Jahres 1857 zu Dahme sein Leben trat. Liebig's Werk: „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ hatte sich in einer reichen Zahl schnell auf einander folgenden Ausgaben in alle Schichten der denkenden Landwirte verbreitet und als ein wirksames Ferment eine gewaltige Gährung in den herrschenden Begriffen und Anschauungen hervorgerufen. Streitschriften für und wider die Liebig'sche Lehre wuchsen wie Pilze aus der Erde und es galt für jedermann, in dem Streite der Meinungen bestimmte Stellung zu gewinnen. Dieses Bedürfnis im Vereine mit der Ansicht, daß es überhaupt Aufgabe der Versuchsstation sei, ihre Arbeiten unmittelbar an die brennendsten Tagesfragen anzuschließen, führte zur Anstellung einer größser Anzahl von Vegetationsversuchen, von denen ein Teil in dem obliegenden Buche seine Veröffentlichung finden soll.

Man möge uns gestatten, zuvörderst den Punkt, auf welchem die stürmische Bewegung angekommen war, als die Thätigkeit der Station begann, ins Gedächtnis zurückzurufen, um damit den Standpunkt klar festzustellen, von dem wir wünschen müssen, unsere Versuche beurteilt zu sehen.

Liebig's Ansichten haben im Laufe der Zeit durch ihn selbst wohl zwar auch in ganz wesentlichen Teilen mehrfache Wandlungen erfahren. Er selber erkennt dies rückhaltslos an und legt Wert

darauf. „Besonders anstößig,“ sagt er an einer Stelle, die gegen Mulder gerichtet ist, „ist ihm (Mulder) der Wechsel in meinen wissenschaftlichen Ansichten; er stellt die, welche ich vor Jahren hatte, mit späteren zusammen und beweisst damit, wie unconsequent ich bin. Es ist dies ein Fehler, den ich genötigt bin einzugestehen; was ihn entschuldigen dürfte, ist der Umstand, daß die Chemie verzweifelt rasche Fortschritte macht und die Chemiker, welche nachkommen wollen, in einem beständigen Zustande der Mauserung (deplumatio, la mue) sind. Dem, welchem neue Federn sprossen, fallen die alten aus den Flügeln aus, die ihn nicht mehr tragen wollen, und er fliegt hernach um so besser“ *).

Es ist hiernach nicht überflüssig, zu erwähnen, daß uns bei Beginn unserer Arbeiten als Hauptdokumente in der Streitsache nur die im Jahre 1846 erschienene sechste Auflage der „Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ und „Die Grundsätze der Agrikulturchemie, Braunschweig 1855“, letztere mit den berühmten 50 Thesen, — zur Verfügung standen. Erst später, aber doch noch so, daß wir dieselben für unsere Zwecke nutzen konnten, erschienen „Naturwissenschaftliche Briefe über die moderne Landwirtschaft. Leipzig und Heidelberg 1859“ und die wesentlich veränderte siebente und achte Auflage der „Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. Braunschweig 1862 und 1865.“

Der Kern der neuen Lehre, welche Liebig in diesen Werken den Landwirten entgegenbrachte, war leicht ersichtlich in folgenden Sätzen zu suchen:

Die nie fehlenden Bestandteile aller Kulturpflanzen sind Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kali, Natron, Kalkerde, Bittererde und Eisen. — Keinen dieser Stoffe vermag die Pflanze selbst in sich zu erzeugen, sondern sie muß die Möglichkeit haben, dieselben von außen aufzunehmen, wenn sie wachsen soll. Die genannten Körper sind die Nährstoffe der Pflanzenwelt. — Sämtliche für eine Pflanze notwendigen Nahrungsstoffe sind unter sich gleichwertig,

*) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. 8. Aufl. Einleitung, S. 55.

d. h. wenn einer von der ganzen Anzahl fehlt, so gedeiht die Pflanze nicht.

Die natürlichen Quellen für diese Nahrungsstoffe findet die Pflanze theils in dem Boden, theils in der Luft und zwar werden die letzteren sieben durch die verschiedenen salzartigen Verbindungen der Ackererde geliefert, während die ersten vier im Allgemeinen in dem Gehalte der Atmosphäre an Wasser, Kohlensäure und Ammoniak geboten werden. — Durch die Verwesung des Humus und des Düngers gelangen Ammoniak resp. Salpetersäure und Kohlensäure auch in den Boden und wirken dann, indem sie durch die Wurzeln aufgenommen werden, ebensogut als Nährstoffe, wie die in der Atmosphäre enthaltenen Mengen davon.

In den meisten Fällen erhalten die Pflanzen durch die Luft mehr Kohlenstoff und Stickstoff, als sie zu ihrer Entwicklung bedürfen; die Quantitäten der Kohlensäure und des Ammoniaks, welche in der Atmosphäre enthalten sind, reichen vollkommen aus für alle Zwecke der Feldwirtschaft. — Zwar ist nicht zu leugnen, daß die Sommergewächse während ihrer kurzen Vegetation nicht genug Zeit finden, um sich die zu einem üppigen Wachstume nötige Stickstoffnahrung aus der Luft zusammen zu suchen und daß ihnen ein Zuschuß von soleher noch im Boden gegeben werden muß, wenn sie ein Maximum von Pflanzenmasse erzeugen sollen; aber dafür sammeln anderseits die länger lebenden Futterpflanzen einen großen Überschuß von Stickstoffnahrung aus der Luft auf und der Landwirt hat es in der Hand, durch diese mittels einer vernünftigen Fruchtfolge soviel Stickstoffnahrung in seinem Stallmiste anzuhäufen, daß er den Bedarf der kurzlebigen Pflanzen reichlich damit zu decken vermag.

Anders verhält es sich mit den in der Ackererde enthaltenen fixen Nahrungsstoffen. — Die schwefelsauren und phosphorsauren Salze der Alkalien und der alkalischen Erden sind in dem Boden immer in zweierlei Formen vorhanden und zwar theils in

chemisch, teils in physikalisch gebundenem Zustande. — Chemisch gebunden sind dieselben in den noch nicht verwitterten Gesteinsresten, den Steinchen und Körnchen von Feldspat, Apatit etc.; — physikalisch gebunden sind dieselben, wenn sie durch die Verwitterung der Muttergesteine löslich geworden von der Oberfläche der Bodenpartikelchen aus einer Lösung absorbiert sind. — Nur die physikalisch gebundenen Nährstoffe können von der Pflanze direkt assimiliert werden, sie stellen das flüssige Nährstoffkapital des Bodens dar. Die chemisch gebundenen Nährstoffe repräsentieren den toten Nahrungsvorrat, der aber fähig ist, sich unter dem Einflusse der Verwitterung jederzeit in flüssiges Kapital umzusetzen. — Von der Menge der physikalisch gebundenen Nährstoffe in einem Boden hängt die Höhe, von der Menge der chemisch gebundenen die Dauer der Erträge ab, die derselbe zu liefern vermag. — Der Gehalt der Ackererden an Pflanzennährstoffen ist unendlich verschieden. Unter sonst gleichen Bedingungen steht die Fruchtbarkeit zweier Felder in geradem Verhältnisse zu der Quantität der Nahrungsstoffe, die sie im Zustande der physikalischen Sättigung enthalten.

Mit jeder Ernte, die man von einem Felde nimmt, nimmt man die ganze Quantität der Luft- und Bodenbestandteile, welche während der Vegetation in die Pflanzen übergegangen sind, mit fort und macht die Luft sowie den Boden um ebensoviel an Pflanzennahrung ärmer.

Die Luft ist beweglich und ununterbrochen bewegt; wird eine Luftschicht durch die Pflanzen ihrer Nährstoffe beraubt, so wird sie sofort weitergeführt und durch eine neue ersetzt, die noch reich ist an Pflanzennahrung. Andererseits wird der Atmosphäre durch die unaufhörlichen Prozesse der Verbrennung, Atmung und Verwesung fortwährend soviel Kohlensäure und Ammoniak zugeführt, als ihr durch den Lebensprozess der Pflanzen entzogen wird. — Die Luft ist also thatsächlich sowohl im Ganzen als an jeder ein-

zelenen Stelle an Kohlensäure und Ammoniak unerschöpflich.

Der Boden dagegen ist nicht beweglich; ein erschöpfter Boden wird weder von selbst entfernt und durch einen jungfräulichen wieder ersetzt, noch kann er im großen durch Kunst weggeführt und ersetzt werden. Auch giebt es keine natürliche Quelle, aus welcher dem Boden die Nährstoffe von selbst immer wieder zuflossen, welche ihm mit den darauf gewachsenen Pflanzen entzogen werden. Mit jeder Ernte, die man von einem Boden nimmt, entzieht man ihm einen Theil der Bedingungen, neue Ernten zu erzeugen und macht ihn an Fruchtbarkeit ärmer.

Wird die Wegnahme von Nährstoffen aus dem Boden durch die Ernten dauernd fortgesetzt, so muß bei jedem Felde einmal ein Moment kommen, wo der Nährstoffgehalt desselben zu Ende geht und gänzliche Unfruchtbarkeit eintritt.

Das einzige Mittel, diese Erschöpfung zu verhüten und den Ertrag eines Feldes für alle Zeiten auf gleicher Höhe zu erhalten, event. denselben allmählich zu steigern, beruht darin, daß man dem Felde regelmäßig die Nahrungsstoffe wieder zuführt, die man ihm durch die Ernten entzieht. Für einen ähnlichen Ersatz der aus der Atmosphäre stammenden Bestandteile der Pflanzen braucht man nicht zu sorgen.

Prüft man an diesen unzweifelhaft feststehenden Grundsätzen der Wissenschaft den praktischen Betrieb der Landwirtschaft, so kann man nicht leugnen, daß derselbe ihnen nicht entspricht, und sieht sich gezwungen, ihn als nicht rationell zu bezeichnen.

Man frage die Geschichte des Feldbaues, welche Mittel die Praxis angewandt hat und noch anwendet, um die Fruchtbarkeit eines Ackers dauernd auf gleicher Höhe zu erhalten, oder dieselbe zu steigern, und man wird folgende Antwort bekommen:

„In der ersten Zeit oder auf einem jungfräulichen Boden baut man Korn auf Korn, und wenn die Ernten abnehmen,

so wechselt man mit dem Felde; die Zunahme der Bevölkerung setzt nach und nach diesem Wandern eine Grenze, man bebaut dieselbe Oberfläche, indem man sie abwechselnd brach liegen läßt, man beginnt zugleich, das verlorene Ertragsvermögen der Felder durch Dünger, den natürliche Wiesen liefern, wieder herzustellen, und wenn diese nicht mehr ausreichen, so führt dies zu dem Futterbaue auf dem Felde selbst; man benutzt den Untergrund als natürliche Wiese, im Anfange ohne Unterbrechung, dann läßt man den Klee und die Rüben in immer längeren Zwischenräumen einander folgen; zuletzt hört der Anbau von Futtergewächsen und damit die Stallmistwirtschaft auf; ihr endlicher Erfolg ist die völlige Erschöpfung des Bodens, insofern die Mittel allmählich ausgehen, um das Ertragsvermögen der Felder wieder herzustellen. Alles dies geht natürlich ganz außerordentlich langsam vor sich und erst die Enkel und Urenkel sehen den Erfolg“ *).

Es wird nicht schwer halten, zu beweisen, daß alle diese Mittel, weder einzeln noch gemeinschaftlich angewendet, das Ziel nicht erreichen, welches sie sich stecken:

Durch die wiederholte Bearbeitung, welche ein Boden während der Brachzeit erfährt, wird die Einwirkung der Agentien, welche die Verwitterung der noch unzersetzten Gesteinsreste bedingen, begünstigt; die Brache veranlaßt hierdurch den Übergang eines Teiles von dem unwirksamen Nährstoffvorrat in wirksames flüssiges Nährstoffkapital, und da während der Brachzeit dem Boden nichts genommen wird, so verbleibt ihm dieser Teil als direkter Nahrungsgewinn für die nächste Ernte. Durch die Brache kann also zweifellos ein Feld, das für eine bestimmte Pflanze erschöpft war, wieder zeitweise für dieselbe fruchtbar gemacht werden, aber es ist klar, daß dies nicht geschieht, weil etwa während der Brachzeit und durch die Brache die Summe der Nährstoffe im Boden vermehrt würde, sondern nur weil ein Teil der Nährstoffe aus der toten in die

*) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. 8. Aufl. II, S. 246.

wirksame Form übergeführt wird. Die Brache bewirkt das raschere Heranziehen des Nährstoffvorrates im Boden zur Produktion von Erntemassen, aber sie kann nicht das allmähliche Ärmerwerden des Bodens und die schliesslich eintretende völlige Erschöpfung desselben an Pflanzennahrung verhindern.

Und ebensowenig kann dies der Fruchtwechsel. — Verschiedene Pflanzen brauchen zu ihrem Gedeihen die oben genannten Nährstoffe in verschiedenen Verhältnissen, die eine verlangt mehr Kali, die andere mehr Kalk, eine dritte mehr Phosphorsäure u. s. w. und — verschiedene Pflanzen entwickeln auch ihr Wurzelsystem ungleich, die perennierenden Gewächse senden ihre Wurzelfasern in weit gröfsere Bodentiefen hinab, als die einjährigen. Beide Thatsachen erklären es, dafs in einem Boden, der für eine Pflanzengattung erschöpft ist, eine andere Pflanzenart doch recht gut noch gedeihen kann. Durch Anwendung des Fruchtwechsels auf einem Boden mufs es möglich sein, demselben viel mehr Ernten zu entziehen, ehe er sich erschöpft zeigt, als wenn man ohne Wechsel immer dieselbe Frucht jedes Jahr auf ihm anbaut; aber man versteht leicht, dafs auch durch den Fruchtwechsel dem Boden keine neuen Nährstoffe zugeführt werden, sondern dafs die anscheinend gröfsere Fruchtbarkeit darauf beruht, dafs der Fruchtwechsel erlaubt, die Pflanzennahrung aus entfernteren Bodenschichten herbeizuziehen und die einzelnen Nährstoffe jeder einzelnen Bodenschicht in stärkerem Verhältnisse zu entnehmen. Auch der Fruchtwechsel vermag die Verarmung des Bodens durch die Kultur nicht abzuwenden und kann die endliche totale Erschöpfung desselben höchstens hinausschieben, aber ebensowenig verhindern, wie die Brache.

Durch die Zurückgabe des Stallmistes an den Boden wird diesem allerdings ein direkter Ersatz für die ihm entzogenen Nährstoffe gewährt, aber dieser Ersatz ist ein ungenügender, weil stets unvollständiger. Der Stalldünger entsteht aus den Pflanzenstoffen, welche in der Wirtschaft

selbst als Nahrung für Menschen und Tiere und als Einstreu verbraucht werden, d. h. — nur aus einem Teile der dem Boden entnommenen Ernten. Das größte Quantum der geernteten Körner, unter Umständen auch Kartoffeln und Rüben etc., werden ausgeführt. Die in diesen Materialien enthaltenen Bodenstoffe gelangen nicht in den Dünger und gehen somit dem Felde verloren. Ebenso verschwindet aus der Wirtschaft die nicht unbeträchtliche Summe der Pflanzennährmittel, welche in die Körpersubstanz der verkauften Tiere und die ausgeführten tierischen Produkte, wie Milch, Käse, Wolle u. s. w., übergegangen ist. Der Stallmist, der in einem Jahre erzeugt wird, enthält also immer weniger Pflanzennährstoffe, als die Ernte, aus welcher er entstanden ist. — Hieran wird in der Hauptsache auch nichts geändert, wenn Wiesen bei einem Gute sind. Das durch die letzteren der Wirtschaft zugeführte Heu vermag allerdings wohl eine Zeitlang für die mit den Körnern und tierischen Produkten verloren gegangenen Bodenstoffe Ersatz zu leisten, aber endlich unterliegen die Wiesen genau denselben Naturgesetzen wie das Feld. Man kann nicht ewig Heu und Grummet von denselben wegnehmen, ohne dafs man ihnen irgend etwas wiedergiebt. Jede Wiese, welcher nicht von der Natur selbst durch regelmäfsige Ueberflutung ein ausreichender Ersatz zugeführt wird, mufs schliefslich ebensogut gedüngt werden, wie das Feld, wenn ihre Fruchtbarkeit dauernd erhalten werden soll. — Also die Stallmistwirtschaft, gleichgültig ob ohne oder mit Beihülfe von Wiesen, vermag einen vollständigen Ersatz für die in den Ernten entzogenen Nährmittel dem Boden nicht zu gewähren. Auch sie kann wie Brache und Fruchtwechsel die endliche Erschöpfung des in landwirtschaftlicher Kultur befindlichen Landes nur verzögern, aber nie verhindern.

Ist es, wie man sieht, leicht genug nachzuweisen, dafs die Wege, welche die praktische Landwirtschaft bisher einschlug, um die Fruchtbarkeit der Felder dauernd zu erhalten resp. zu steigern, nicht zu dem gewünschten Ziele führen, so ist es nicht ebenso leicht, eine andere einfache und allge-

mein gültige Regel für den praktischen Betrieb der Landwirtschaft aufzustellen, die den oben bezeichneten Forderungen der Wissenschaft in allen Stücken gerecht wird.

Offenbar müßte dieselbe eigentlich lauten:

Der Landwirt suche sich vor allem darüber vollständig klar zu werden, welche Nährstoffe der von ihm bewirtschaftete Boden den Kulturpflanzen in assimilierbarer Form überschüssig zu bieten vermag, und an welchen er relativ Mangel leidet. Von den letzteren führe er seinem Boden zunächst soviel zu, bis der Mangel getilgt ist und ersetze dann von ihnen alljährlich durch Zukauf eine ebenso große Quantität, wie er mit seinen verkäuflichen Produkten aus der Wirtschaft ausführt. Um die ersteren braucht er sich so lange nicht zu kümmern, als ihr Überschufs vorhält.

Leider kann es augenblicklich nichts nützen, eine solche Regel zu geben, denn der Landwirt vermag mit ganz wenigen Ausnahmen nicht zu beurteilen, ob ein Feld Überschufs an einem bestimmten einzelnen Nährstoffe habe oder nicht, — und dem Chemiker ist es jetzt noch ebensowenig möglich, die Frage, wie viel ein gegebener Boden von jedem Pflanzennährmittel in assimilierbarer Form bietet, auf analytischem Wege zu lösen.

Da es aber doch wünschenswert erscheint, überhaupt einen Anhalt zu bieten, so wird es noch am richtigsten sein, die Grundregel für den praktischen Betrieb vorläufig wie folgt zu formulieren:

Der Landwirt konstruiere sich vor allem für seine bestimmten Verhältnisse eine Fruchtfolge, welche ihm die Garantie giebt, daß die darin vorgesehenen Futterkräuter wenigstens ebensoviel Stickstoff aus der Luft in die Wirtschaft einführen, als durch die Ausfuhr der Körner und sonstigen Produkte derselben entzogen wird. Sodann Sorge er für sorgfältige Aufsammlung und vernünftige Aufbewahrung des Stallmistes wie aller übrigen wirtschaftlichen Abfälle. Endlich kaufe er von allen fixen

Pflanzennährstoffen ohne Ausnahme alljährlich wenigstens ebensoviel in die Wirtschaft zurück, als er in seinen Früchten und Produkten ausführt. Hier kann ihm die chemische Analyse mit Sicherheit zeigen, was und wie viel das ist.

Es ist möglich, daß in vielen Fällen die strikte Befolgung des dritten Punktes dieser Regel überflüssig und dann einer Verschwendung gleich ist; wenn man aber bedenkt, daß dieselbe unter allen Umständen nur wenig Kosten macht, und daß es auf einem kali- oder kalkarmen Boden möglicherweise gerade auf den Ersatz der paar Pfunde Kalk oder Kali ankommt, um einer Rüben- oder Klee-Ernte sicher zu sein, so wird man auch diesen Punkt gern gelten lassen.

Jedenfalls vermag der in der modernen Landwirtschaft so beliebt gewordene Zukauf von Salpeter, Ammoniaksalzen und Phosphaten diese Regel nicht überflüssig zu machen oder die in ihr geforderten Maßnahmen zu ersetzen. Es ist anzunehmen, daß manche Felder, welche reich an Silikaten, an Kali, Kalk und Bittererde sind, durch den Kornbau im gewöhnlichen Stallmistbetriebe in der That nur an Phosphorsäure und Stickstoff erschöpft werden, und daß der Landwirt, wenn er für deren Wiederersatz gesorgt hat, den der anderen Stoffe vollkommen vernachlässigen kann. Aber es giebt Millionen Hektaren fruchtbaren Feldes (Sand- und Thonboden), in welchen der Gehalt an Kalk- und Bittererde im Boden nicht größer ist, als der an Phosphorsäure, und bei denen man ebenso besorgt sein muß für den Wiederersatz von Kalk- und Bittererde, wie für den der Phosphorsäure. Es giebt Millionen Hektaren fruchtbarer Felder, welche, wie im Allgemeinen aller eigentlicher Kalkboden, außerordentlich arm an Kali sind, und auf denen der Nichtersatz des Kalis eine völlige Unfruchtbarkeit nach sich zieht. Es giebt Millionen Hektaren fruchtbarer Felder, welche so reich an Stickstoff sind, daß der Ersatz desselben eine wahre Verschwendung ist.

Unter allen Umständen hat es der Landwirt als seine erste und wichtigste Aufgabe zu be-

trachten, dafs er ebenso hohe und immer steigende Erträge erzielen lernt ohne Zukauf von Ammoniak. Der Angelpunkt jedes Fortschritts im Ackerbaue ist, dafs man lernt, aus den natürlichen Quellen soviel Stickstoffnahrung zu schöpfen, als man braucht. Tausend von Thatsachen lehren, dafs dies möglich ist.

Das war der Kern der Liebigschen Lehre, falls anders Referent dieselbe richtig begriffen hat.

Und wie stellte sich die praktische Landwirtschaft diesem neuen Evangelium gegenüber?

Dafs man sich anfangs ablehnend gegen dasselbe verhielt, ist nicht zu verwundern. Es ist nicht eben angenehm, wenn man sich sagen lassen soll, dafs die Grundsätze, nach denen man bisher gehandelt, falsch gewesen, dafs man mit allen seinen Bestrebungen in dem Berufe, den man erwählt, auf dem Holzwege wandle. Ja noch mehr mußte es unangenehm sein, sich sagen lassen zu sollen, dafs sein ganzes Thun nicht nur falsch, sondern in höchstem Grade schädlich und gefährlich sei, dafs die Wirtschaft, die man treibe, nichts anderes sei, als ein hoch kompliziertes und raffiniertes Raubsystem, und dafs man, wenn man auf dem eingeschlagenen Wege beharre, unausbleiblich dahin kommen müsse, sich selbst und den Staat zu Grunde zu richten.

Billig aber mag man nach dem Grunde fragen, warum auch dann, als die erste Empfindlichkeit sich gelegt und einer ruhigen Überlegung Platz gemacht haben mußte, diese ablehnende Haltung der Praktiker sich erhielt. Wollte man die ausübenden Landwirte zählen, welche die Liebigschen Vorschläge als Grundlage für die Führung ihrer Wirtschaft rückhaltslos angenommen, so würde man finden, dafs sie einen auffallend geringen Prozentsatz ihrer gesamten Gewerbsgenossen ausmachen.

(So wenigstens war es sicher Ende der fünfziger Jahre, als die Versuchsstation Dahme ins Leben trat. Aber es will dem Referenten scheinen, als ob es heute auch nicht wesentlich anders sei. Ein Vierteljahrhundert ist seitdem ins Land gegangen; es wird heute nicht mehr in den Vereinen über Stickstoff- und Mineraltheorie lebattiert; es werden keine Streitschriften pro und contra Liebig

mehr geschrieben; aber die Einfuhr von stickstoffhaltigen Düngern hat noch nicht aufgehört, ja hat, wenn Referent sich nicht irrt, seit dieser Zeit nicht erheblich abgenommen, und die Zahl derjenigen Landwirte, welche für den vollen Ersatz nicht nur der Phosphorsäure, sondern auch aller übrigen ausgeführten Bodenstoffe ängstlich besorgt sind, ist schwerlich viel größer geworden.)

Wie also soll man sich diese auffallende Erscheinung erklären? Es wird doch niemand im Ernste annehmen wollen, daß unter dem gebildeten Teile der deutschen Landwirte nicht soviel Intelligenz vorhanden gewesen wäre, um die Liebigsche Lehre überhaupt zu verstehen; oder daß man aus purer Gleichgültigkeit und Indolenz auf dem alten breitgetretenen Wege weiter gebummelt sei, dessen Gefährlichkeit von Liebig doch so klar beleuchtet war; oder aber daß man mit vollem Bewußtsein und sehenden Augen lediglich aus einem gewissen verkehrten Praktiker-Stolze in das offenbare Elend rennen wollte, — nur um der Wissenschaft den Triumph nicht zu lassen, die Gesellschaft vom Verderben errettet zu haben?

Hören wir die Gründe der Landwirte selber. — Referent hatte damals oft Gelegenheit, mit erfahrenen Praktikern zu verkehren und konnte sich aus vielfachen Unterhaltungen die Ansicht derselben über die Liebigschen Lehren wie folgt abstrahieren:

Über den rein wissenschaftlichen Teil der Liebigschen Lehren, die Gesetze der Pflanzenernährung u. s. w. betreffend, können wir uns kein Urteil erlauben und erkennen denselben gern als unzweifelhaft richtig an. Nicht aber wollen uns die Ratschläge behagen, die Liebig uns auf Grund derselben für unseren praktischen Betrieb giebt.

Die Liebigschen Ratschläge konzentrieren sich auf zwei Punkte.

Der erste davon lautet: Der Landwirt muß sich vor allen Dingen unabhängig machen von dem Zukaufe stickstoffhaltiger Düngemittel und muß lernen, sich dieses Pflanzennahrungsmittel aus der Luft heranzuholen. — „Wenn die Verbesserung unserer Felder und die Erhöhung ihrer Erträge von einer Zufuhr von Stickstoffnahrung von außen abhängig wäre, müßte man für immer auf einen Fortschritt in der Landwirtschaft verzichten“ — und „die Atmosphäre führt allein, also ohne den Boden zuzuziehen, soviel Stickstoffnah-

zung zu, als für den intensivsten Betrieb erforderlich ist; es handelt sich nur darum, durch die geschickte Behandlung der Felder und die richtige Wahl der Fruchtfolge das Maximum, was die Atmosphäre darbietet, auf den Feldern in der Form von Futter- und Korngewächsen zu verdienen.“ — Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur. Einleitung. S. 33 und 34.

Die zweite Regel geht dahin: Der Landwirt ersetze von den ausgeführten Bodenstoffen einen jeden, von dem er nicht mit voller Sicherheit weiß, daß er in bedeutendem Überschusse in seinen Feldern vorhanden ist, — oder noch besser: Da der Landwirt nur in wenigen Fällen sich die Gewissheit zu verschaffen vermag, daß ein oder der andere Nährstoff in seinem Boden in bedeutendem Überschusse vorhanden ist, so Sorge er zweitens dafür, alle Nährstoffe, die er seinen Feldern durch die Ernten entzieht, denselben regelmäßig wiederzugeben und von einem jeden derselben, mit alleiniger Ausnahme des Stickstoffs, alljährlich mindestens soviel in die Wirtschaft zurückzukaufen, als er aus derselben in pflanzlichen und tierischen Produkten ausführt.

Zu dem ersten Punkte haben wir zu bemerken:

Die Erkenntnis, daß die Atmosphäre soviel Stickstoffnahrung enthält, wie für den intensivsten landwirtschaftlichen Betrieb erforderlich ist, kann an sich und allein für uns kein stickhaltiger Grund sein, die andere Stickstoffquelle, welche uns der Zukauf stickstoffhaltiger Düngemittel bietet, ohne weiteres zu verwerfen, sondern wir können uns hierzu nur dann bewogen fühlen, wenn man uns überzeugt, daß wir unseren Stickstoffbedarf aus der Atmosphäre unter allen Umständen rascher und zweckmäßiger zu decken vermögen, als mit Hilfe der käuflichen Düngemittel. Das aber scheint uns noch durch nichts erwiesen.

Zuvörderst glauben wir, daß Liebig den Stickstoffbedarf unserer Wirtschaften überhaupt unterschätzt. Nach verschiedenen Äußerungen in seinen Schriften nimmt Liebig zwar an, daß es Felder giebt, die an Stickstoff relativ Mangel leiden, hält aber diese Felder für im ganzen seltene Ausnahmen. — „Ich hatte durch eine große Anzahl

von Analysen, die in meinem Laboratorium ausgeführt waren, erfahren, daß alle Bodenarten, selbst die schlechtesten, sehr viel reicher waren an Stickstoff, als die Mehrzahl an Phosphorsäure und Kali ist*). — „Ich wußte . . . durch diese Analysen, daß im Allgemeinen fruchtbare Ackererden auf 10 Zoll Tiefe fünfhundert- bis tausendmal mehr Stickstoff enthalten, als eine volle Weizenernte nötig hat, und als der Boden bei der reichsten Düngung erhält**)“ etc. etc.

Wenn wir uns aber dagegen erinnern, auf wie vielen Feldern eine selbst sehr geringe Stickstoffdüngung ganz auffällig wirkt, und auf wie wenigen es gelingt, die Erträge mit alleiniger Zufuhr mineralischer Dünger selbst in der löslichsten Form wesentlich zu steigern, so will uns dieser vermeintliche Stickstoffüberschuß in der großen Mehrzahl der Felder doch problematisch erscheinen und es dünkt uns hoch erwünscht, daß den deutschen Landwirten neben der einen Stickstoffquelle, welche die Atmosphäre bietet, auch noch die zweite in den käuflichen Düngern gebotene für alle Zeiten reichlich fließend erhalten bleibe.

Als Mittel, die erforderliche Menge von Stickstoff aus der Luft herbeizuholen, empfiehlt Liebig Futterkräuter, besonders Leguminosen, in regelmäsigem Turnus anzubauen, und scheint anzunehmen, daß man auf diesem Wege den Stickstoff unter allen Umständen billiger acquiriere, als durch Zukauf stickstoffhaltiger Düngemittel.

Auch dies wagen wir zu bezweifeln. Es gibt nach unserer Erfahrung eine Menge Felder, auf denen die Erträge von Erbsen, Luzerne, Klee und selbst von Lupinen in hohem Grade unsicher sind. Und es giebt nicht weniger Gegenden unseres Vaterlandes, wo die Produkte der Viehzucht, durch welche wir die Futtergewächse, wenn wir sie nicht direkt ausführen, allein verwerten können, vorläufig noch sehr niedrig im Preise stehen. Wo beides stattfindet, oder selbst wo nur einer von diesen Fällen vorliegt, wird man mit Recht Bedenken tragen müssen, die Wirtschaft lediglich deshalb

1. a. O. Einleit. S. 34.

1. a. O. Einleit. S. 68.

auf einen ausgedehnten Futterbau zu basieren, um den erforderlichen Stickstoffersatz zu beschaffen. Wenn man sich die Mühe geben will, richtig zu rechnen, wird man finden, daß unter den genannten Verhältnissen häufig das Pfund Stickstoff, welches man sich durch Futtergewächsbau aus der Atmosphäre einfängt, der Wirtschaft mehr kostet, als das Pfund Stickstoff, welches man sich jederzeit aus der ersten besten Düngerhandlung kaufen kann. Gilt dieses Bedenken hauptsächlich für arme Gegenden, so kann den Landwirt, der in dem reichsten Boden wirtschaftet, ein anderer Grund dazu führen, an dem direkten Zukauf stickstoffhaltiger Düngemittel auch ferner festzuhalten. Gerade in den besten Lagen wird es häufig Verhältnisse geben, in denen sich der Boden durch eine Menge anderer Pflanzen weit höher nutzen läßt, als gerade durch den Anbau von Futtergewächsen. Wo aber dies stattfindet, wird der Landwirt mit Recht stets vorziehen, den Stickstoffersatz für seine Pflanzen durch Zukauf zu decken, als sich allein mit Rücksicht auf diesen Bedarf eine weniger rentable Fruchtfolge aufzwingen zu lassen.

Es giebt also doch Fälle, in denen es landwirtschaftlich rationeller ist, sich Stickstoff direkt zuzukaufen, als sich denselben durch Futterkräuter aus der Luft zu holen — und diese Fälle sind nicht ungewöhnliche seltene Ausnahmen. Wir wollen aber nicht versuchen, nachzurechnen, wie viele Prozente vom Ganzen diese Fälle ausmachen, ja wir wollen ganz von denselben abschen und einmal annehmen, es sei für uns das allein Richtige, der Liebig'schen Forderung: „Die Produktion von mehr Korn, von mehr Fleisch, welche die steigende Population von Euch erwartet, bewegt sich darum, daß Ihr ebenso hohe und immer steigende Erträge zu erzielen lernt ohne Zukauf von Ammoniak. Der Angelpunkt Eures Fortschrittes ist, daß Ihr lernt, aus den natürlichen Quellen soviel Stickstoffnahrung zu schöpfen, als Ihr braucht“ strikte nachzukommen, so geraten wir bei der Ausführung in eine Verlegenheit, aus der wir uns nicht herauszuwickeln verstehen.

„Es handelt sich darum, durch geschickte Behandlung der Felder und die richtige Wahl der

Fruchtfolge das Maximum von Stickstoff, was die Atmosphäre darbietet, auf den Feldern in Form von Futter- und Korngewächsen zu verdichten," sagt Liebig. Über „die richtige Wahl der Fruchtfolge“ fügt er weiter nichts hinzu, giebt auch kein Beispiel einer solchen richtig gewählten Fruchtfolge, sondern setzt voraus, daß es unsere Sache ist, die für unsere Verhältnisse geeignete Fruchtfolge überall zu finden.

Gut! Lassen wir uns darauf ein und fragen uns: Wie findet man eine im Liebig'schen Sinne richtige Fruchtfolge? Das heisst nach dem Vorherbesprochenen offenbar nichts anderes als: wie konstruiert man eine Fruchtfolge für eine gegebene Wirtschaft so, daß dieselbe durch die in ihr enthaltenen Futterkräuter sichere Garantie für einen vollen Ersatz des mit den Korngewächsen entzogenen Bodenstickstoffs gewährt.

Um die Aufgabe zu lösen, ist offenbar nur nötig, in bestimmten Zahlen auszurechnen, wie viel Bodenstickstoff in den aus der Wirtschaft ausgeführten tierischen und pflanzlichen Produkten enthalten ist und andererseits, wie groß der Gewinn an assimilierbarem Stickstoffe ist, den man dem Boden mit dem aus einer Futterernte erzielten Stallmiste zuführt. Jede Fruchtfolge, bei der sich diese beiden Summen ausgleichen, oder bei denen die letztere Summe größer ist, als die erste, wird eine im Liebig'schen Sinne richtige Fruchtfolge sein.

Leider aber bleibt jede derartige Rechnung absolut un- ausführbar, weil uns die Chemie bei allen dazu nötigen Unterlagen im Stiche läßt. Die Analyse lehrt uns umständlich genug, wie viel Stickstoff 1 Kilo Körner von Weizen, Erbsen, oder wie viel ein Zentner Kartoffeln im Minimo, im Maximo und im Durchschnitte enthält. Fragen wir aber, wie viel davon aus der Atmosphäre, wie viel aus dem Boden stammt, dann schweigt des Sängers Höflichkeit.

Ebensowenig vermögen wir zu berechnen, um wie viel assimilierbaren Stickstoff wir einen Boden bereichern, wenn wir ihm die Rückstände einer auf ihm gewachsenen Futterernte wieder einverleiben: „Was meine Lehre in Be-

ziehung auf den Gehalt der Atmosphäre an Ammoniak betrifft, welches, wie ich behaupte, ausreichend sei für alle Früchte, die der Landwirt erzielen wolle, wenn er es nur in der rechten Weise anzufangen wisse, so sagte ich in meinem Buche, daß die Atmosphäre im Ganzen genug für alle Gewächse, aber der Zeit nach nicht genug für einzelne darbiete“ sagt Liebig in der Einleitung seiner Agrikulturchemie S. 37 — und aus dem Zusammenhange geht hervor, daß unter den letzteren Gewächsen hauptsächlich die Körnerfrüchte und unter den ersteren die Futterpflanzen zu verstehen sind. Sollen wir nun aus dieser Stelle schliessen, daß es richtig ist, den gesamten Stickstoff, den die Analyse in einer Futterernte nachweist, als aus der Luft stammend anzunehmen? Wir bekennen zunächst, daß uns der Ausdruck, „die Atmosphäre bietet im ganzen genug Stickstoff für alle landwirtschaftlichen Kulturgewächse, aber der Zeit nach nicht genug für einzelne dar“, nicht recht verständlich ist. Wenn wir uns durchaus etwas dabei denken sollen, so würden wir uns die Worte so deuten: die Atmosphäre bietet allen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, welche eine lange Vegetationszeit haben, soviel Stickstoff, als sie irgend bedürfen; Pflanzen dagegen von kurzer Lebensdauer finden während derselben nicht Zeit genug, sich aus dieser auch ihnen zur Verfügung stehenden Quelle genügend zu versorgen. Dieser Deutung aber widerspricht die tägliche Erfahrung; oder machen etwa die langsam vegetierenden Weizen, Mais, Raps, Rüben, Kartoffeln etc. geringere Ansprüche an den Bodenstickstoff, als die kurzlebigen Hafer, Buchweizen, Hopfenluzerne, Spörgel etc.? — Also nicht wegen ihrer langen Vegetationszeit, oder mindestens nicht bloß wegen dieser haben die Futtergewächse die Fähigkeit, ihren Stickstoffbedarf aus der Atmosphäre zu decken; — aber das kann uns schliesslich gleich sein, genug — sie sollen die Fähigkeit haben. Berechtigt uns die Erkenntnis dieser Thatsachen oder zwingt sie uns, zugleich anzunehmen, daß deshalb auch aller in den Futterpflanzen enthaltene Stickstoff einzig aus der Luft aufgenommen sei. Wir glauben — weder das Eine noch das Andere. Es steht fest, daß für

den Bedarf der Körnerfrüchte der Stickstoffgehalt der Atmosphäre nicht genügt; wenn Weizen auf einem Boden in befriedigender Kraft und Fülle wachsen soll, so muß er die Möglichkeit finden, aus demselben eine gewisse und zwar nicht geringe Quantität Stickstoff aufzunehmen. Wenn man nun nach dem Weizen auf demselben Boden Klee baut, wird — ja kann dieser den einmal vorhandenen Stickstoffreichtum des Landes ungenutzt lassen und sich mit der anderen Stickstoffquelle, der Luft, begnügen? Ist es nur denkbar, daß die Kleewurzeln wohl die phosphorsauren und die Kali-Salze aufsaugen, von den salpetersauren Verbindungen aber sorgfältig jede Spur zurückweisen sollten? Oder will jemand annehmen, daß die Kleepflanze den Bodenstickstoff zwar wie der Weizen aufnehmen müsse, denselben aber nicht assimiliere, sondern während der Vegetationszeit fein säuberlich und gewissenhaft vielleicht in Form von Exkrementen oder dergleichen an den Boden zurückliefern? Nein — es scheint uns unzweifelhaft: auch die Futtergewächse müssen von dem zufällig im Boden vorhandenen Stickstoff aufnehmen, sie verarbeiten ihn so gut zu Körpersubstanz, wie andere Pflanzen, — in jeder Futterernte stammt nur ein Teil des gesamten Stickstoffgehaltes aus der Atmosphäre; der wievielste? wissen wir nicht zu sagen und auch die Agrikulturchemie giebt uns keine Auskunft darüber.

Also wir haben nicht die Möglichkeit, zu erfahren, wie viel Stickstoff wir durch jede Körnerernte dem Boden entnehmen, auch nicht, um wie viel assimilierbaren Stickstoff wir durch die Rückstände einer Futterernte den Boden bereichern. Wenn wir mithin eine Fruchtfolge construieren wollen, so müssen wir in dieser Beziehung nach wie vor ins Blaue greifen. Fruchtfolgen überhaupt haben wir schon längst und glauben auch vermuten zu dürfen, daß die meisten davon dem Boden den nötigen Stickstoffersatz leisten. Vernünftigen Fruchtwechsel verlangt schon Thaer. Was also haben wir jetzt zu thun? Wir gestehen, daß wir mit der ersten praktischen Regel, die uns Liebig giebt, nicht viel anzufangen wissen; — und wenig besser geht es uns mit der zweiten:

Der Landwirt ersetze von den ausgeführten Bodensubstanzen einen jeden, von dem er nicht mit voller Sicherheit weiß, daß er in bedeutendem Überschusse in seinen Feldern vorhanden ist, — oder noch besser: da der Landwirt nur in wenigen Fällen sich Gewißheit zu verschaffen vermag, daß ein oder der andere Nährstoff in seinem Boden in bedeutendem Überschusse vorhanden ist, so Sorge er dafür, alle Nährstoffe, die er seinen Feldern durch die Ernten entzieht, denselben regelmäÙsig wiederzugeben und von einem jeden derselben, mit alleiniger Ausnahme des Stickstoffs, alljährlich mindestens soviel in die Wirtschaft zurückzukaufen, als er aus denselben in tierischen und pflanzlichen Produkten ausführt.

Diese Regel scheint uns nahezu ausnahmslos eine unnötige Verschwendung zu involvieren. — Es wird wohl kaum ein Feld geben, welches sämtliche Nährstoffe sowohl in Form von flüssigem Kapitale als von Vorrate genau in dem relativen Verhältnisse enthielte, wie sie von den in einem bestimmten Turnus darauf gebauten Kulturpflanzen im Minimo verlangt werden. Das eine wird einen in diesem Sinne relativen Überschufs von Kali, ein anderes von Kalk, ein drittes von Magnesia enthalten u. s. w. Der Ertrag eines Feldes aber, soweit er von den Nährmitteln abhängig ist, wird immer durch denjenigen Stoff bedingt, welcher relativ in der geringsten Menge vorhanden ist; der von den anderen Nährstoffen vorhandene Überschufs bleibt wirkungslos. Bringt man nach Liebig's Vorschrift alle aus der Wirtschaft ausgeführten Nährstoffe auf das Feld zurück, so giebt man eben nicht bloß die Elemente, von denen der Ertrag abhängt, sondern auch diejenigen, welche an sich schon in größerer Menge im Boden vorhanden sind, als sie von den Pflanzen mit Nutzen verwendet werden können. Was aber in aller Welt soll uns bewegen, den wirkungslosen Nährstoffüberschufs eines Bodens fortwährend wieder zu ergänzen, oder — da sich alljährlich ein Teil des Vorrates durch die unaufhörlich thätige Verwitterung ohne unser Zuthun in flüssiges Nährstoffkapital umwandelt — gleichgültig, ob dieses verbraucht wird, oder nicht —, fortwährend noch zu vermehren?

Das Ideal der landwirtschaftlichen Bodenkultur ist es offenbar, in seinen Feldern sämtliche Nährstoffe nicht im Überschusse, sondern genau in der Menge anzuhäufen, wie sie eine nach den örtlichen klimatischen Verhältnissen mögliche Maximalernte der zum Anbau bestimmten Kulturpflanzen verlangt, und sie für alle Zeiten auf diesem Punkte zu erhalten.

Liebig leugnet dieses alles gar nicht, aber: Dieser Überschufs schadet Euch nichts — sagt er —, die Ergänzung gerade der Nährstoffe, auf welche sich diese Deduktion in der Regel beziehen wird, macht geringe Kosten und Ihr habt dafür wenigstens die Sicherheit, daß Ihr unter allen Umständen dasjenige Element mit ersetzt, von dem, ohne daß Ihr das wissen könnt, die Höhe Eurer Ernten abhängt.

Dagegen haben wir zu sagen: Verschwendung bleibt Verschwendung, und wenn es dem reichen Manne auf ein paar Mark mehr oder weniger nicht ankommt, so hat der Unbemittelte alle Ursache, dieselben nicht nutzlos wegzurufen. Sodann giebt es Fälle, wo uns ein bemerkenswerter Überschufs von assimilierbaren Nährstoffen im Boden nicht bloß nutzlos, sondern auch unbequem oder direkt schädlich wird. Wir erinnern bloß an die bekannten Thatsachen, daß verschiedene Salze, wenn sie der Pflanze im Überschusse geboten werden, in der Kartoffel den Stärkegehalt vermindern, in der Zuckerrübe den Zuckergehalt herabdrücken und die Menge des Nichtzuckers störend erhöhen. Endlich aber fragen wir: sind wir denn absolut gezwungen, zu dem Liebigsehen Auskunftsmittel zu greifen, um uns die Kenntnis desjenigen Nährstoffes, von welchem die Höhe des Ertrages auf einem gegebenen Boden abhängt, zu verschaffen? Daß uns die Chemie bis jetzt noch Auskunft in diesem Falle verweigert, wissen wir schon. Kann uns denn aber ein rationell angelegter und sorgfältig geleiteter Düngerversuch gar keine Andeutungen darüber geben? Wenn ein Düngestoff auf einem Felde nicht wirkt, so ist es noch nicht erlaubt, ohne weiteres zu schliessen, daß derselbe schon im Überschusse im Boden vorhanden ist. Wenn aber derselbe Düngestoff sich nachweislich und deutlich wirksam erweist,

so wird man mit wenigen Ausnahmen, in denen eine indirekte Einwirkung erweisbar ist, annehmen dürfen, daß der Boden relativ Mangel an ihm hat. Nun wünschen wir, unsere Felder nicht nur dauernd auf der gleichen Höhe des Ertrages zu halten, sondern den Ertrag derselben soweit als möglich zu steigern. Wir glauben, das Ziel am besten zu erreichen, wenn wir uns zunächst durch Düngeversuche vergewissern, welche Düngestoffe entweder allein, oder in Verbindung mit anderen auf unseren Feldern das Pflanzenwachstum befördern. Diese Stoffe kaufen wir zunächst zu und zwar nicht bloß in gleichen, sondern in größeren Quantitäten, als wir sie aus der Wirtschaft ausführen, und so lange zu, als uns wiederholte Düngeversuche dieselben noch wirksam erweisen. Wir beschränken uns hierbei zunächst nur auf die vier Nährstoffe Stickstoff, Phosphorsäure, Kali und Kalk und glauben damit praktisch deshalb keine große Sünde zu begehen, weil der Bedarf der Pflanzen an den übrigen Nährstoffen, die sie noch dem Boden entziehen, mäßig und die aus der Wirtschaft ausgeführten Mengen derselben gering sind, und weil wir meinen, voraussetzen zu dürfen, daß gerade von diesen Nährstoffen sich viel häufiger ein relativer Überschuss im Boden findet, als von den ersteren. Sollte einmal der Fall eintreten, daß uns die Zufuhr der ersten vier Nährmittel einen günstigen Erfolg auf das Wachstum unserer Kulturpflanzen nicht mehr giebt, so wird es Zeit sein, auch die übrigen Nahrungselemente in den Kreis unserer Düngeversuche, resp. in den Kreis der von uns zugeführten Düngemittel mit hereinzuziehen. Die Furcht, daß wir dann gezwungen sein könnten, unverhältnismäßig große Mengen von ihnen aufzuwenden, um die Fruchtbarkeit unserer Felder wieder herzustellen, teilen wir nicht, denn — wenn beispielsweise sich auf einem Boden ein relativer Mangel an Magnesia herausstellt, welcher Grund ist denkbar, daß auf dem Felde die Zufuhr von einem Zentner eines löslichen Magnesiumsalzes weniger Erfolg leisten sollte, als uns auf einem an Stickstoff oder Phosphor armen Felde ein Zentner Chilisalpeter oder Superphosphat alljährlich leistet.

Also auch die zweite Regel, die Liebig der Praxis giebt, hat nicht viel Anziehendes für uns. — Aber endlich scheint

Liebig selbst nicht so hohen Wert auf seine Regeln zu legen, sondern dieselben nur als Vorschläge, die man vorläufig wegen Mangel an Besserem geben müsse, zu betrachten. „Nach meiner Lehre sollte den Feldern alles ersetzt werden, was ihnen fehlte, um sie dauernd fruchtbar zu erhalten, und da es unmöglich war, zu wissen, was einem Felde in der Gemarkung Bogenhausen, Schleifsheim oder Rothamstead fehlte, so blieb nur ein Rat zu geben übrig. Der, weleher wufste, dafs ihm vor allem Kali, oder Phosphorsäure, oder Stickstoff fehlte, bedurfte einer Anweisung nicht, aber die vielen Landwirte, die nichts von alledem wufsten, was ihren Feldern mangle, bedurften eines Anhaltspunktes, um darnach zu bemessen, auf welehe Stoffe sie ihre Aufmerksamkeit richten müfsten; das Natürlichste und Angemessenste war, ihnen zu sagen, dafs sie zunächst Sorge dafür zu tragen hätten, diejenigen Stoffe wiederzugeben, die sie in ihren Früchten und Produkten ausführten“^{*)}.

In Summa: Wir erkennen die unsterblichen Verdienste, die sich Liebig um die Ausbildung der wissenschaftlichen Grundlagen der Landwirtschaft erworben hat, freudig und voll an. Wir glauben, dafs das Gesetz des Ersatzes für immer das wichtigste Grundgesetz des Ackerbaues bilden mufs, und gedenken, dasselbe stets sorgsam im Auge zu behalten. Aber wir meinen, dafs es so lange ganz vergeblich ist, unseren praktischen Betrieb streng diesen Gesetzen gemäfs einrichten zu wollen, bis uns die Naturwissenschaften das noch fehlende Mittelglied in der Kette unserer Kenntnisse gegeben haben, welehes Liebig so gut vermifst wie wir.

Heute lehrt uns die Chemie: zehn Stoffe bilden die Nahrung all Eurer Kulturpflanzen; diese sind Kohlensäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Kali u. s. w. — Wenn einer von diesen fehlt, so wachsen die Pflanzen nicht. — Davon, dafs von einem jeden dieser Stoffe eine genügende Menge in assimilierbarer Form im Boden vorhanden ist, hängt die Höhe Eurer Ernten ab, und davon, dafs Ihr versteht, diese Menge unverändert im Boden zu erhalten, die Dauer Eurer Erträge.

^{*)} Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur. Einleit. S. 34.

Nun gehe die Wissenschaft noch einen entscheidenden Schritt weiter. Die Chemie lerne uns zu sagen — erstens: Assimilierbar sind die genannten Nährstoffe für die Pflanzen, wenn sie in den und den bestimmten Verbindungen vorhanden sind, und — wenn eine volle Weizen-, Rüben-, Klee-ernte auf einem Felde wachsen soll, so müssen die Pflanzen so und so viel Promille oder Kilo Phosphorsäure, so und so viel Kilo Kali etc. darin finden. Und sie lerne uns zweitens zu sagen: der oder jener fragliche Boden enthält soviel Kali, soviel Phosphorsäure, soviel Stickstoff in assimilierbarer Form. Mit anderen Worten: die Chemie verschaffe uns betreffs der Pflanzenernährung an Stelle der jetzt vorhandenen allgemeinen und qualitativen Angaben bestimmte quantitative und — sie bilde die Bodenanalyse dahin aus, dafs sich mit Hülfe derselben die Menge des in einem Boden vorhandenen flüssigen Nährstoffkapitals klar und richtig bestimmen läfst.

Für Erfüllung dieser Wünsche wollen wir der Wissenschaft dankbar sein. Von dem Momente an, wo uns diese Kenntnis geboten wird, ist uns, so hoffen wir zuversichtlich, die Möglichkeit gegeben, die Praxis des Ackerbaues auf wahrhaft rationelle Grundlage zu basieren.

Das ungefähr war die Auffassung der Liebig'schen Lehre seitens der meisten intelligenten Praktiker, wie sie sich Referenten gegenüber in vielfachen Gesprächen bald mehr, bald minder klar kund gab, und zugleich die Motivirung des Verhaltens der letzteren zu dieser.

Es ist hier nicht der Ort, zu prüfen, ob diese Auffassung und wie weit etwa sie richtig oder irrig war. Aber Referent nimmt keinen Anstand, offen zu erklären, dafs die scharf präzisirte Forderung der Praktiker nach einer weiteren Ausbildung der Ernährungslehre in der oben bezeichneten Richtung einerseits und der Bodenanalyse andererseits ihm voll berechtigt erschien. Auch vom agrrikulturchemischen Standpunkte aus hatte man die Frage nach den Verbindungsformen, in welchen die verschiedenen Nährstoffelemente der Pflanzen assimilierbar sind, sowie

nach den Minimalquantitäten, in welchen dieselben zur Bildung einer bestimmten Menge Pflanzensubstanz verbraucht werden, — und die Frage nach verbesserten Methoden der Bodenuntersuchung für das Nächste zu halten, was zu thun war.

Wie die bisher mit der Bodenanalyse gemachten Erfahrungen klar und deutlich zeigten, mußte die Lösung der ersten Frage logisch der zweiten vorausgehen. Der Gedanke, die chemische Untersuchung des Bodens zu benutzen, um den Grund der verschiedenen Ertragsfähigkeit desselben zu finden, lag viel zu nahe, als dafs man nicht schon längst und gleich anfangs, als die Chemie sich mit landwirtschaftlichen Fragen zu beschäftigen begann, hätte versuchen sollen, denselben zu verwerthen. Man hatte längst eine ziemliche Anzahl von Bodenarten, die sich entweder durch ungewöhnliche Fruchtbarkeit oder ausnahmsweise Unfruchtbarkeit auszeichneten, analysirt und hatte schätzenswerte Resultate dabei errungen. Der ungewöhnlich hohe Gehalt von Humus, Stickstoff, Phosphorsäure, Kali, den man in der russischen Schwarzerde, in dem holsteinschen Marsch-, dem Oderbruch-Boden etc. gefunden hatte, erklärte vollkommen die Dankbarkeit und Ertragssicherheit dieser Felder einerseits, und die ausserordentliche Armut des losen Sandes an denselben Stoffen, das Vorkommen von gewissen schädlichen Verbindungen wie den löslichen niederen Eisenoxyden u. dergl. liefs den Grund für die Unfruchtbarkeit mehrerer Bodenarten andererseits deutlich erkennen. Aber derartige Böden bilden nur die Ausnahme, und als man von diesen Extremen zur Untersuchung der bei weitem die Mehrzahl aller Kulturfelder ausmachenden Mittelmöden überging, zeigte sich rasch die volle Unbrauchbarkeit der erhaltenen Resultate für den Zweck, den man hier speciell verfolgte. Man überzeugte sich bald, dafs der Gehalt an den Elementen, welche die Pflanzennahrung bilden, sowie ihn die gebräuchliche chemische Analyse in derartigen Böden nachwies, sehr häufig durchaus nicht in einem erkennbaren Verhältnisse, ja öfter wohl geradezu in direktem Widerspruche zu der Fruchtbarkeit derselben stand. Über den Grund dieser betrübenden Erfahrung konnte ein Zweifel nicht wohl obwalten. Die Elemente, welche die Grundlage der Pflanzennahrung bilden, kommen in dem Erdboden in sehr verschiedenen Verbindungen vor — in Verbindungen, die leicht, schwer oder gar nicht assimilierbar sind — in Ver-

bindungen, die physiologisch als mehr- oder minderwertig, oder auch als gänzlich wertlos gelten müssen. Die einfache Bestimmung der Summe, in welcher diese Stoffe in einem fraglichen Boden auftreten, erlaubt noch durchaus kein Urtheil darüber, ob derselbe in Bezug auf das Pflanzenwachstum als reich oder karglich ausgestattet zu betrachten ist, — sie ist sicherlich nicht das, was der praktische Landwirt von einer chemischen Analyse des Bodens verlangt, sondern die Quantität des in dem Boden enthaltenen physiologisch wirksamen Stickstoffs, Kalis etc. zu kennen, darauf allein kommt es ihm an. — Man versuchte weiter, statt der einfachen Summe der Elemente die Quantitäten der Nährstoffe, welche in verschiedenen mehr oder minder energischen Agentien, in reinem und kohlen saurem Wasser, in bald schwächer bald stärker verdünnter Salzsäure etc. etc. löslich waren, zu bestimmen und hoffte damit die Resultate der chemischen Analyse mit der faktischen Fruchtbarkeit eines Bodens in nähere Uebereinstimmung zu bringen, aber man kam auch damit aus dem einfachen Grunde nicht erheblich weiter, weil der physiologische Wert der Verbindungen eines Pflanzennährstoffs nicht von ihren Löslichkeitsverhältnissen abhängig ist. — Diese Bestrebungen noch weiter fortzusetzen, fühlten wir zunächst keine Lust, denn es hieß nach unserer Meinung nicht viel anderes, als das Pferd beim Schweif aufzäumen. Man lerne erst den physiologischen Wert der verschiedenen Formen, in welchen die Pflanzennährstoffe in dem Ackerboden auftreten, und die Quantitäten, in welchen dieselben von den Kulturgewächsen beansprucht werden, genau kennen — mit anderen Worten: man lerne erst, was man eigentlich bei der chemischen Analyse eines Bodens im landwirtschaftlichen Interesse bestimmen soll, — dann werden sich auch die richtigen Methoden der Analyse bald finden lassen. Wenn heute die mechanische Bodenanalyse einen besseren Kredit genießt, als die chemische und man jener mit Recht einen höheren praktischen Wert beilegt, so liegt der Grund eben darin, daß man dort sich schon viel klarer darüber ist, was man suchen will und soll, als hier.

Durch diese Erwägungen erschien dem Referenten das Ziel, auf welches er die Thätigkeit der ihm unterstellten Versuchsstation hinzuleiten hatte, bestimmt fixirt und es galt nun, sich für eine Arbeits-

methode zu entscheiden, mit Hülfe deren man hoffen konnte, dasselbe am sichersten und raschesten zu erreichen.

Es lag nahe, auch hier zuerst an den analytischen Weg zu denken. Wenn die Bodenanalyse aus den oben erörterten Gründen nicht geeignet war, uns dem gesteckten Ziele wesentlich näher zu bringen, so liefs vielleicht die Analyse der Pflanze selbst bessere Erfolge hoffen. Man analysiere Pflanzen ein und derselben Art, die auf gutem und auf schlechtem Boden, solche die üppig und solche die ärmlich gewachsen sind, man untersuche getrennt ihre einzelnen wesentlichen Teile und entnehme dieselben in verschiedenen Entwicklungsstadien, — sollte sich aus den so gefundenen Resultaten der gewünschte Schlufs auf die Ernährungsbedürfnisse der Gewächse nicht ziehen lassen? — Nun, auch hierüber lagen schon Erfahrungen vor, die zur Beantwortung dieser Frage genügen konnten. Referent selbst hatte sich schon in den Jahren 1851 und 1852 unter Stoeckhardts Leitung an ähnlichen Arbeiten beteiligt. Später waren von anderen Forschern Arbeiten in dieser Richtung veröffentlicht worden, die an Vollständigkeit und Umsicht nichts zu wünschen übrig liefsen. Wenn aber durch diese Arbeiten die Agrikulturchemie im Allgemeinen eine entschiedene Förderung erhielt, so zeigten doch gerade sie am allerbestimmtesten, dafs die Pflanzenanalyse wenig mehr geeignet sei, die hier uns interessirende Frage nach den für jedes Gewächs unentbehrlichen Formen und Quantitäten der einzelnen Nährstoffe vorwärts zu bringen, als die Bodenanalyse. Es ist wahr, die Pflanze nimmt nur solche Verbindungen auf, die im Boden in löslicher Form vorhanden sind, oder die sie mit Hülfe gewisser Wurzelabscheidungen löslich zu machen vermag. Aber die Pflanze hat nicht das Vermögen, zwischen den in löslicher Form vorhandenen Stoffen zu wählen, einzelne ihr nicht zusagende zurückzuweisen oder unberücksichtigt zu lassen, mit der Aufnahme von anderen beliebig aufzuhören, wenn sie genug davon hat. Die Pflanze nimmt entschiedene Gifte auf so gut wie die ihr notwendigen Nährstoffe und mufs sie aufnehmen, wenn sie der Bodenlösung zufällig beigemischt sind. Es kann als erwiesen gelten, dafs unsere Kulturgewächse das Kochsalz zu ihrer Ernährung nicht notwendig gebrauchen und dafs sie ihre Lebensfunktionen ohne Zufuhr von Kieselsäure normal und vollständig vollziehen können; trotzdem aber findet man bei der Analyse Kieselsäure und Chlornatrium in vielen derselben in ganz erheblichen Quantitäten.

Also aus dem, was wir bei der chemischen Analyse in der Pflanze finden, können wir durchaus noch nicht auf das schließsen, was sie zum Leben notwendig braucht, sondern erfahren wir höchstens, was alles in dem Boden, auf dem sie gewachsen ist, zufällig in löslicher und diffusionsfähiger Form vorhanden gewesen ist. Und dies gilt für die eigentlichen Pflanzennährstoffe nicht minder, als für die schädlichen oder unwesentlichen Beimengungen. Nicht alle Kali-, nicht alle Stickstoffverbindungen, die löslich und diffundierbar sind, sind deshalb auch assimilierbar — und noch mehr: das phosphorsaure Kali, das schwefelsaure Kali, das salpetersaure Kali und das Chlorkalium sind nicht nur sämtlich löslich und diffundierbar, sondern müssen auch an sich als assimilierbar gelten, trotzdem aber wird man diese vier Salze, weil ihre Wirkung durchaus nicht allein von dem in ihnen enthaltenen Kali, sondern immer auch gleichzeitig von der dasselbe begleitenden Säure abhängt, nicht als physiologisch gleichwertig annehmen und sich nicht wundern dürfen, wenn ein Aequivalent des einen nicht die gleich große physiologische Arbeit zu leisten vermag, wie ein Aequivalent des anderen. Von allem diesem giebt uns die Pflanzenanalyse, wie gesagt, nichts weiter als die Summe der Stoffe, welche während des Lebens der Pflanze in dieselbe eingedrungen sind, d. i. eine Summe von Nötigem und Unnötigem, von Wesentlichem und Zufälligem, von Wirksamem und Wirkungslosem, die weiter zu trennen wir keine Möglichkeit haben. Hieraus erklären sich die außerordentlich weiten Schwankungen, welche die Analyse in dem Gehalte selbst anscheinend gleich gut entwickelter Pflanzen ergeben hat, und hieraus auch erklärt es sich, warum die Mittelzahlen aus vielen auf das Gewissenhafteste durchgeführten Analysen für die Ernährungslehre eine verhältnismäßig so geringe Bedeutung gewonnen haben.

Also der analytische Weg bot wenig Verlockendes. Es war demnach weiter zu fragen, ob man sich von dem synthetischen bessere Erfolge versprechen durfte. Nun wohlan, man versuche es, statt sich damit zu quälen, durchaus eine Gleichung mit lauter unbekanntem Faktoren auf noch nicht geebnetem analytischen Wege lösen zu wollen, von bekannten Voraussetzungen auszugehen. Statt eines beliebigen Naturbodens, über dessen zufälligen Gehalt an Nährstoffen man sich nicht klar zu werden vermag, mache man sich selber einen

künstlichen Boden. Man nehme ein beliebiges für das Pflanzenleben indifferentes und möglichst ein chemisch reines Grundmaterial, setze diesem alle notwendigen Pflanzennährmittel in bekannter Verbindung und Menge hinzu und baue darin die landwirtschaftlichen Kulturgewächse. Wenn man eine Nährstoffmischung gefunden hat, in der die Pflanzen so gut gedeihen, wie in einem fruchtbaren Naturboden, dann versuche man einzelne Nährstoffe ganz wegzulassen, und dann wieder gebe man sie in den verschiedensten Formen und in wechselnden Quantitäten. Es ist als bekannt anzunehmen, daß da, wo man einen Nährstoff ganz fehlen läßt, oder wo man denselben in einer nicht assimilierbaren Form gegeben hat, auch das Wachstum der Pflanze ganz ausbleibt; man wird aber noch weiter voraussetzen dürfen, daß sich jeder relative Mangel eines Nährstoffs in der Entwicklung der Pflanze sofort ausdrücken wird. Wenn es wahr ist, daß z. B. die Phosphorsäure für die Pflanze notwendig ist, um gewisse für das Leben derselben unentbehrliche Körperbestandteile zu bilden, oder sonst gewisse physiologische Funktionen auszuüben, so muß auch eine ganz bestimmte und für alle Fälle unveränderliche Menge Phosphorsäure zur Ausbildung eines bestimmten normalen Trockengewichts dieser Pflanze erforderlich sein, denn ein Gramm Phosphorsäure wird allezeit noch einmal so viel Arbeit leisten können als ein halbes, und niemals mehr als halb so viel wie zwei Gramm. — Jedes Experiment nach dieser Methode stellt an die Versuchspflanze eine einfache und bestimmte Frage, welche dieselbe unabweislich ebenso einfach und bestimmt mit einem Ja oder Nein beantworten muß. Es lag kein Grund vor, daran zu zweifeln, daß man mit Hilfe der synthetischen Methode die uns hier interessierenden Fragen: welche Verbindungen der Nährstoffe für die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen als assimilierbar anzusprechen seien und welche nicht, — welchen verschiedenen physiologischen Wert die assimilierbaren Nährstoffverbindungen unter sich zu beanspruchen hätten, — und wie viel von einer jeden derselben zur Produktion eines gegebenen Erntegewichts im Minimo notwendig sei, — schneller und leichter werde lösen können, als auf irgend einem anderen Wege; und die bisher schon mit dieser Methode gemachten Erfahrungen bethätigten die Brauchbarkeit derselben für unseren Zweck durchaus.

Freilich bietet uns die Kultur der Pflanzen in einem indifferenten Medium mit beliebig variierten Nährstoffgaben nur eine empirische

Lösung der gestellten Aufgabe und die reine Pflanzenphysiologie mag sich mit vollem Rechte davon noch nicht befriedigt erachten; sie mag mit Grund behaupten, das Ziel, nach dem wir in letzter Instanz zu streben haben — die klare Erkenntnis der physiologischen Funktionen, welche jeder Nährstoff im Pflanzenleben zu verrichten hat, bleibt uns nach alledem noch ebenso fern wie vorher. Aber der praktische Landwirt kann sich zunächst über dies Bedenken hinwegsetzen. Wenn er auch nicht weis, welche Umwandlung die aufgenommene Phosphorsäure im Pflanzenkörper erfährt, welche neue Verbindungen sie in demselben eingeht, an welchen Punkten und zu welchen Zwecken all sie zur Verwendung kommt; wenn er nur bestimmt erfährt, wieviel davon sein Weizen, seine Rüben etc. brauchen, so wird er schon das empirisch gefundene Resultat zu seinem Nutzen zu verwerten wissen. Schliesslich aber wird die Arbeit auch für den Physiologen selbst nicht gänzlich wertlos sein; denn einmal muß die Frage nach dem quantitativen Nahrungsbedürfnisse der Pflanzen doch gelöst werden, gleichgültig nach welcher Methode, und dann kann es ihm auch nur willkommen sein, einen Weg bequem vorbereitet zu finden, auf dem er sich sicher und leicht für seine speciellen Zwecke zu weiteren Forschungen jederzeit Pflanzen erziehen kann, die genau ihren Bedarf oder einen Überschufs jeden beliebigen Nährstoffs assimiliert haben, ebenso wie Pflanzen, die wegen eines genau festzustellenden Mangels hinter ihrer normalen Ausbildung zurückgeblieben oder in irgend welcher Weise abnorm gewachsen sind. — Eine agrikulturchemische Versuchsstation durfte darin nach des Referenten Meinung immerhin eine ganz geeignete Aufgabe erblicken.

Es könnte sich allerdings ereignen, dafs auch eine Anzahl landwirtschaftlicher Praktiker und zwar aus anderen Gründen sich mit dieser Methode nicht recht einverstanden erklärte, dafs von gewissen Seiten Stimmen laut würden: In der Praxis könne man seine Pflanzen doch nicht in gereinigtem Sande oder destilliertem Wasser und in schönen Glascylindern bauen; was dort im Glashause ausgebrütet werde, habe doch für das Feld keine Geltung, da regiere der liebe Herrgott, — oder; was dort auf komplizierte, langwierige, verzwickte Manier herausgeklügelt würde, wäre jedenfalls durch praktische Düngerversuche viel einfacher, natürlicher zu erreichen und das damit erhaltene Resultat könne jeder Praktiker sofort verwenden und nutzen.

Nun, sollen wir auf den ersten Teil dieser eventuellen Vorwürfe im Ernste eingehen? Sollen wir wirklich annehmen, es könne jemand bei ruhigem Nachdenken ernstlich glauben, man wolle mit dieser Methode der Praxis einen neuen Zukunftsbetrieb vormachen, dem sie später folgen solle? oder es könne jemand ernstlich glauben, Hinzens Pflanzen wüchsen auf andere Weise und mit anderen Mitteln als Kunzens, — im Glashause könnte der Weizen mit der Hälfte der Phosphorsäure ein Gramm Körner bilden, die er auf dem Felde dazu braucht, — es sei durchaus nicht gleich, wo und wie man ein Naturgesetz finde, wenn man es nur richtig finde?

Ernstlicher ist der zweite Teil der Einwürfe zu nehmen. Der praktische Düngeversuch ist für den Landwirt, der rationell wirtschaften will, unentbehrlich; er ist heute noch das hauptsächlichste Hilfsmittel, durch welches sich der Praktiker Auskunft über die Mängel seines Bodens zu verschaffen vermag. Aber ist es für den Landwirt schon nicht ganz so leicht, wie es für den ersten Moment erscheinen mag, einen Düngeversuch in jeder Beziehung richtig anzustellen und denselben in der Zeit dringendster Arbeit und Sorgen tadellos zu Ende zu führen, so ist es noch schwieriger, denselben unter allen Umständen richtig zu deuten. Die Höhe der Ernte, welche man nach einer gegebenen Düngung macht, hängt nicht einzig und allein von dieser Düngung ab, sondern wird beeinflusst — und oft in einer Weise beeinflusst, die weit mächtiger ist, als die Wirkung des Düngers selbst — durch Regenfall und Wärme, durch wechselnde physikalische Beschaffenheit der Ackerkrume und Verschiedenheit des Untergrundes, durch Eingriffe schädlicher Pflanzen und Tiere etc. etc. Bei einem Düngeversuche, der auf freiem Felde angestellt wird, kennt man aber in der Regel so ziemlich weiter nichts genau, als die Menge und Beschaffenheit des gegebenen Düngers; von allen übrigen Faktoren, die zur Ertragshöhe des Versuchsfeldes mitgewirkt haben, weiß man wenig, oft genug nichts. Daher kommt die Mehrheit der unzähligen Widersprüche in den Ergebnissen der praktischen Düngeversuche. Diese Widersprüche sind zum guten Teile nur scheinbar und liegen nicht in den Resultaten selbst, sondern entspringen nur aus einer mangelhaften oder falschen Deutung derselben. Die Mängel, die dem Düngeversuche im freien Felde anhaften, können dadurch gemildert werden, daß man meteorologische Beobachtungen mit demselben verbindet, daß man denselben Versuch eine Reihe von Jahren

hindurch wiederholt, oder ihn auf einer größeren Anzahl von Feldern oftmals nebeneinander anstellt, — vollständig gehoben aber werden sie dadurch nicht. Die komplizierten Einflüsse der übrigen Wachstumsfaktoren zu eliminieren und die Wirkung des Düngers glatt, klar und unzweifelhaft sicher herauszuschälen, wird auch dann noch im höchsten Grade schwierig, vielfach unmöglich sein. — In Summa: Der Düngeversuch im freien Felde ist für den Praktiker wertvoll, indem er ihm, wenn vernünftig angelegt und konsequent durchgeführt, ein Mittel bietet zu erfahren, ob, in welcher Menge etc. ein Dünger für eine bestimmte Frucht auf dem Versuchsfelde sich wirksam verhält. Die gleichzeitige Ausführung eines solchen Versuchs auf vielen verschiedenen Stellen nach einem gemeinschaftlichen Plane muß dazu führen, die dabei gemachten Erfahrungen weiter zu sichern und zu klären, ja bis zu einem gewissen Grade kann sie erlauben, die örtlichen Erfahrungen unter den nötigen Einschränkungen zu verallgemeinern. Aber nicht wird man in den Düngeversuchen eine Methode finden, die man zur Lösung unserer oben gestellten Frage benutzen könnte.

Um das Bedürfnis der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen an den einzelnen Nährstoffen quantitativ in einfachen bestimmten Zahlen ausdrücken zu lernen, bleibt also als der Weg, welcher am kürzesten und sicher zum Ziele zu führen verspricht, immer allein übrig: die Kultur dieser Pflanzen in indifferenten, möglichst reinen Medien mit Zusatz bekannter und beliebig variiertes Nährstoffmischungen, und unter äußeren Verhältnissen, welche die übrigen Wachstumsfaktoren, wie Wärme, Licht, Feuchtigkeit etc., nach Möglichkeit zu beherrschen, resp. zu kontrollieren erlauben.

Nachdem man sich auf diese Weise darüber klar geworden war, was man wollte, galt es weiter, sich für ein bestimmtes Medium zu entscheiden, in welchem die Ernährungsversuche anzustellen waren.

Verschiedene Stoffe waren in dieser Beziehung schon geprüft und zwei davon hatten sich in jeder Richtung brauchbar erwiesen — der gereinigte Quarzsand und das destillierte Wasser.

Dafs sich in reinem Sande sowohl als in Wasser mit glücklich gewählten Nährstoffmischungen die landwirtschaftlichen Kultur-

pflanzen zu einem durchaus befriedigenden Ernteertrage bringen liefsen, konnte als erwiesen gelten; aber jedes der beiden Medien hatte seine besonderen Vorzüge und seine eigentümlichen Mängel.

Das Wasser hat unbestritten den sehr grofsen Vorzug vor dem Sande, dafs es ohne besonders grofse Mühe in jeder beliebigen Quantität absolut rein zu erhalten ist; aber für alle Versuche, welche den Einflufs verschiedener Grade von Bodenfeuchtigkeit erörtern sollen, ist es selbstredend gänzlich unbrauchbar; ebenso wird sich die Frage, ob und inwieweit die Störungen, welche die normale Entwicklung des Wurzelnetzes in jedem starren Medium zweifellos erleidet, einen Einflufs auf die Gesamtentwicklung der Pflanze hat, niemals durch Wasserkultur entscheiden lassen; weiter durfte man wohl a priori annehmen, dafs die Oxydationsvorgänge in einer wäfsrigen Flüssigkeit weniger energisch verlaufen würden, als in einem mit Nährstofflösung getränkten Sande oder in einem feuchten Ackerboden, — dieser Umstand aber konnte entscheidend werden für den Ausfall verschiedener Versuche und konnte geradehin zu Irrtümern Veranlassung geben, besonders betreffs der Ernährungsfähigkeit gewisser stickstoffhaltiger Nahrungsmittel, z. B. der Ammonsalze und der komplizierten kohlenstoffhaltigen Stickstoffverbindungen; und schliesslich läfst sich die Thatsache nicht leugnen, dafs es einerseits bis jetzt noch nicht gelungen ist, gewisse Pflanzenarten in wäfsrigen Nährstofflösungen überhaupt zu einer normalen befriedigenden Entwicklung zu bringen, während sich bei den übrigen, wenn sie von der Saat bis zur Reife beobachtet werden sollen, eine wiederholte Erneuerung der Nährstofflösung als unumgänglich notwendig erweist, — eine Forderung, welche die Ausführung der Wasserkulturversuche erheblich schwieriger und mühevoller macht, als die einer Sandkultur.

Im Sande hinwiederum befinden sich die Versuchsgewächse unter äufseren Vegetationsverhältnissen, die denen, unter welchen die Pflanzen im freien Felde wachsen, viel näher liegen, als bei der Wasserkultur, aber — einen Sand in jeder erwünscht grofsen Quantität so zu reinigen, dafs er chemisch als frei von allen Pflanzennährstoffen betrachtet werden könnte, begegnet so erheblichen technischen Schwierigkeiten, dafs die Aufgabe praktisch als unlösbar zu betrachten ist. Dieser Umstand macht die Sandkultur zur Lösung einzelner Aufgaben, wie z. B. der Frage nach dem Verhalten der Pflanzen bei absolutem Mangel gewisser Nährstoffe, untauglich und bringt ein er-

schwerendes Element in die Versuche betreffs des Wachstums der Pflanzen bei relativem Nährstoffmangel.

Also es wird immer darauf ankommen, welches spezielle Ziel man bei einer Arbeit im Auge hat, wenn man sich für die Sand- oder Wasserkultur entscheiden soll. Gewisse Fragen werden sich nur mit der einen, andere nur mit der anderen Methode, gewisse werden sich mit der einen wenigstens besser, andere mit der anderen leichter und schärfer lösen lassen; bei einer ganzen Menge von Aufgaben endlich wird es ziemlich gleichgültig sein, welcher von beiden Methoden man sich zuwendet. Die Sand- und die Wasserkultur sind offenbar nicht dazu bestimmt, mit einander zu rivalisieren oder sich gegenseitig zu verdrängen, sondern sich zu unterstützen und gegenseitig zu ergänzen.

Persönliche Neigung und der Umstand, dafs uns zu unserem Vorhaben von der Gräflich Solms'schen Glashütte zu Baruth in höchst freundlicher und uneigennütziger Weise ein Sand in beliebiger Menge zur Verfügung gestellt wurde, der uns zu Kulturversuchen sehr geeignet erschien, bewogen uns, zunächst mit der Sandkultur vorzugehen, und die Bemerkung, dafs sich im Verlaufe der Zeit eine gröfsere Anzahl von Schwesterstationen sämtlich der Wasserkultur zuwendeten, bestimmte uns, auch später bei der Sandkultur zu verharren.

Auf Grund der vorstehenden Betrachtungen glaubten wir das Ziel, nach dem wir strebten, ebenso wie den Weg, der am kürzesten und sichersten dahin zu führen versprach, deutlich genug vor uns zu sehen, um mit den Experimenten beginnen zu können; trotzdem aber ging es mit der Ausführung in der ersten Zeit doch nur langsam vorwärts.

Die Versuchsstation Dahme war unter mehr als bescheidenen, man darf sagen unter den ärmlichsten Verhältnissen ins Leben getreten. Als Lokalitäten waren derselben anfangs zur Verfügung gestellt: ein Wohn- und ein Schlafzimmer für den Dirigenten, eine kleine Küche mit riesigem Herde, die so gut es gehen wollte als Laboratorium eingerichtet wurde, und zwei wundersam gestaltete Räume, von denen der eine zum Wagezimmer erhoben, der andere als Vorratsraum benutzt wurde. Zur Beschaffung der ganzen Einrichtung waren circa 730 Thlr., und zur Bestreitung der laufenden

Ausgaben für das Jahr 1857 incl. Gehälter etc. in Summa 782 Thlr. 12 Sgr. 9 Pf. verfügbar.

Dafs sich unter diesen Umständen die Thätigkeit der jugendlichen Station im ersten Jahre nur auf ein paar höchst primitive Vorversuche, deren Schauplatz der Hof war, beschränken mußte, wird man erklärlich finden.

Aber schon das Jahr 1858 brachte Besserung. Die Einnahmen der Station mehrten sich; es wurde ihr möglich, in ein geräumiges und in jeder Beziehung weit mehr geeignetes Lokal überzusiedeln; ja es glückte sogar, zufällig ein kleines Gewächshaus, das von einem Gärtner auf den Abbruch verkauft wurde, zu acquirieren und in dem sehr günstig gelegenen Garten der Versuchsstation aufzustellen.

Nach Erreichung dieses mit Schmerzen ersehnten Zieles ging man im Jahre 1859 energisch an die Arbeit; leider aber entsprach der Erfolg nicht den gehegten Erwartungen. Es gelang in diesem ersten Jahre nicht, die Mehrzahl der Versuchspflanzen überhaupt nur zu einem erträglichen Wachsen zu bringen, aber man erkannte wenigstens, dafs der Grund des Misflingens in einer in doppelter Beziehung fehlerhaften Zusammenstellung der Nährstoffmischung lag. Man hatte nämlich einmal in der Meinung, dafs eine saure Reaktion mit den Eigenschaften eines guten Kulturbodens absolut unvereinbar sei, die Zusammensetzung der Nährstoffe so gewählt, dafs die Lösung derselben schwach basisch reagierte, und man hatte zweitens als Form der gegebenen Stickstoffnahrung fast ausnahmslos Ammoniakverbindungen genommen. Einige wenige besser verlaufende Versuche wiesen deutlich darauf hin, dafs eine schwach saure Beschaffenheit der Nährstofflösung günstiger und die Verwendung der salpetersauren Verbindungen an Stelle der Ammonsalze vorteilhafter sei.

In der Folge wurde diese Erfahrung benutzt und man hatte nun wenigstens die Freude, die Versuchspflanzen erträglich wachsen zu sehen, ja man konnte nicht verkennen, dafs sich in der ganzen Entwicklung derselben jeder Mangel oder Überflufs in der Ernährungsweise, die man beliebig gewählt hatte, deutlich ausdrückte, und dies veranlafste den Referenten, eine Anzahl von Experimenten aus den Jahren 1860 und 1861 in den Preufs. Annalen der Landwirtschaft Bd. 38, S. 296 bis 361 und Bd. 42, S. 53 etc. zu veröffentlichen.

Der Verlauf der Versuche im Jahre 1862 aber war wieder ganz geeignet, diese freudige Stimmung niederzudrücken und den Refe-

renten nahezu nutzlos zu machen. Eine Reihe von abnorm heißen Tagen versengte trotz aller angewandten Schutzmittel die Vegetation in dem kleinen Glashause und vernichtete in kurzer Zeit alle Hoffnung auf irgend ein brauchbares Resultat.

Nur Eins lehrten die Versuche zur Evidenz und dies erschien immerhin wichtig genug. Man überzeugte sich, daß man überhaupt auf die Hoffnung verzichten müsse, normale Pflanzen in einem kleinen geschlossenen Raume bauen zu können, sei dieser auch mit Glasdach und Glaswand versehen, und daß man lernen müsse, die Vegetation der Pflanzen in der Hauptsache sich im Freien vollziehen zu lassen, das Glashaus aber nur als gelegentliches Schutzhaus zu benutzen.

Die hierzu dienlichen Vorrichtungen wurden im Winter 1862 zu 1863 getroffen. Freilich waren dieselben primitiv genug: ein durch die Giebelwand des Glashauses gebrochenes Thor, ein aus in Summa vier Eisenbahnschienen konstruiertes Bahngleis und ein darauf gesetzter aus vier rohen Balken mit einigen darüber genagelten Brettern zusammengebauter und mit kleinen Eisenrollen versehener Wagen diente dazu, die Versuchspflanzen bei guter Witterung ins Freie und bei drohendem Unwetter zurück ins Haus zu transportieren, — aber der Erfolg war ein vorzüglicher; im Jahre 1863 hatten wir die Genugthuung, zum ersten Male in unseren Glasgefäßen Pflanzen sich bis zur Reife so entwickeln zu sehen, daß sie den unter günstigen Umständen im freien Felde gewachsenen in jeder Beziehung ebenbürtig gelten durften.

Jetzt erst erkannte man, wie mangelhaft alle bis dahin ausgeführten Versuche gewesen waren, und hätte gern die oben erwähnte vorcilige Veröffentlichung eines Teiles derselben wieder zurückgerufen, wenn dies thunlich gewesen wäre.

Aber auch hiermit war man, wie sich bald zeigte, noch nicht über den Berg. Obwohl man jetzt auf eine normale Entwicklung der Versuchspflanzen rechnen durfte und obwohl man anderseits eine ähnliche Schärfe in den Resultaten, wie bei irgend einer chemisch-analytischen Methode hier nicht zu erwarten hatte, so fehlte doch noch viel, um sich mit dem Erreichten zufrieden stellen zu können. Wenn ein und derselbe Versuch in häufiger Wiederholung in Gang gesetzt wurde, so ließen die einzelnen Resultate immer noch Ungleichheiten bemerken, die bis zur Unsicherheit gingen, es traten noch Störungen im Verlaufe einzelner Experimente auf, die aus den be-

kannten Versuchsbedingungen unerklärlich blieben u. s. w. — Auf einzelne Fehler, die unter Umständen für die Vegetation verhängnisvoll werden konnten, war man schon aufmerksam geworden, so z. B. auf die unregelmäßige oder geradezu unrichtige Weise der Wasserzufuhr.

Die lange Lehrzeit, die wir durchzumachen gehabt, hatte bestimmt genug darauf hingewiesen, dafs es mit dem guten Willen allein, Ernährungsversuche zu machen, nicht gethan sei, und dafs es die nächste Aufgabe sein müsse, die Versuchsmethode selbst zu der Vollkommenheit herauszubilden, dafs man vertrauenswürdige Resultate von ihr erwarten durfte.

Zur Lösung dieser Aufgabe gehörte schon eine gewisse Summe von Erfahrungen. Man mußte eben mindestens schon gelernt haben, unter Vegetationsverhältnissen zu arbeiten, die einen normalen Verlauf derselben garantierten. Das aber hatten wir nachgerade gelernt, und deshalb waren die Arbeiten der ersten Jahre, obwohl sie uns dem ursprünglich gesteckten Ziele nicht wesentlich näher gebracht hatten, nicht vergeblich gewesen.

Wir beschlossen also, sofort noch einige Reihen von Versuchen in Gang zu setzen, welche der Ausbildung der Methode gewidmet waren, und hofften damit um so mehr zu reussieren, als sich zu dieser Zeit auch unsere äufsere Lage erheblich günstiger gestaltete. Das Königliche Ministerium für die landwirtschaftlichen Angelegenheiten hatte in liberaler Weise die Beschaffung eines neuen, geräumigen und zweckmäßigen Glashauses mit allen zu den Versuchen nötigen Einrichtungen gewährt, und Anfang Juni 1865 stand dasselbe zum Beziehen fertig.

Es galt jetzt, die Einflüsse der verschiedenen Fruchtbarkeitsfaktoren, die bei dem Pflanzenwachstume aufser den Nährstoffen thätig sind, sowie die Hemmnisse und Störungen, welche dieses bei der Kultur der Pflanzen in kleinen Gefäfsen und wenigstens teilweise in geschlossenen Räumen erfahren konnte, einzeln und systematisch zu prüfen.

Insbesondere erschien es wichtig:

den Einfluß, welchen schon die Beschaffenheit des Samens auf die aus ihm erwachsende Pflanze auszuüben vermag,

den Wert der Störungen, welche die Entwicklung der Wurzeln beim Anbaue der Pflanzen in einem sehr kleinen Bodenvolumen erfährt,

die Wirkung der unter den gewählten Versuchsverhältnissen vorkommenden Schwankungen in der Licht- und Wärmeintensität, sowie

den Einfluss, welchen verschiedene Mengen von Boden- und Luftfeuchtigkeit auf das Gedeihen der Gewächse ausüben können, spezieller zu studieren.

Dieser Entschluss modifizierte allerdings unsere ursprüngliche Absicht und drückte zunächst die Fortsetzung der eigentlichen Ernährungsversuche etwas in den Hintergrund; es entstand dadurch gleichsam neben dem ersten Arbeitsplane ein ganz selbständiger zweiter.

Aber wir glaubten das nicht bedauern zu müssen; denn abgesehen davon, dass derselbe als Basis für eine vertrauenswürdige Ausführung der Ernährungsversuche und eine richtige Beurteilung der dabei erhaltenen Resultate unerlässlich war, bot uns derselbe die direktesten Beziehungen zu einer Menge praktisch hochwichtiger Fragen, die uns im Laufe der Zeit mindestens ebenso nahe getreten waren, wie die Frage nach dem physiologischen Werte und der Wirksamkeit der verschiedenen Stickstoff- oder Kaliverbindungen. So — um nur ein Beispiel zu erwähnen — konnten wir nicht eine längere Reihe von Jahren an den sandigen Abhängen des Flämmings verleben, ohne durch das, was täglich mit Händen zu greifen war, darauf aufmerksam zu werden, dass auf weit ausgedehnten Strecken unseres Vaterlandes die Höhe der Ernten durch die wechselnden Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnisse viel stärker beeinflusst wird, als durch die zufällige Quantität irgend eines im Boden vorhandenen Nährstoffes.

Zudem sahen wir in der Einschiebung dieses zweiten Arbeitsplanes keinen zwingenden Grund, die speziellen Ernährungsversuche bis zur Beendigung desselben gänzlich bei Seite zu schieben. Die Vegetation unserer Versuchsgewächse wurde von Jahr zu Jahr eine bessere, die ganze Entwicklung der Pflanzen eine sicherere.

In der That gaben uns die Resultate, welche wir in dem zweiten Teile unserer Arbeit erhielten, die erfreuliche Gewissheit, dass der

größere Teil unserer nach 1864 ausgeführten Ernährungsversuche, bei denen wir uns bestrebt hatten, die Methode auf Grund der allmählich gewonnenen Erfahrungen stetig zu verbessern, im allgemeinen brauchbar war, oder daß er wenigstens durch Hinzufügung einiger notwendigen Kontrolle- resp. Ergänzungsversuche brauchbar gemacht werden konnte.

In den nachfolgenden Mitteilungen sind deshalb zuvörderst auch nur die auf den zweiten Teil unserer Arbeit bezüglichen Ergebnisse gegeben, welche ein zusammengehöriges Ganze bilden und bis zu Ende des Jahres 1873, d. h. zu der Zeit, als Referent die Versuchstation Dahme verließ, bis zu einem leidlichen Abschlusse gekommen waren, während alle Versuche, welche die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe für das Pflanzenwachstum behandeln, erst nach Vollendung der notwendigen Kontrollen und Ergänzungen ihre gelegentliche Veröffentlichung finden sollen.

ERSTER ABSCHNITT.

D e r S a m e .

„Was der Mensch säet, das soll er ernten.“ — Der Same aller höher entwickelten Pflanzen und somit auch der Same der landwirtschaftlichen Kulturgewächse ist nicht ein mehr oder minder großes Klümpchen toten Stoffs, sondern jedes einzelne Samenkorn birgt in seiner Hülle ein schon bis zu einem gewissen Grade fertiges, selbständiges und lebensthätiges kleines Pflanzenindividuum und eine gewisse Summe von Reservenernährung, die für die Unterhaltung desselben während des Keimlebens bestimmt ist.

Die Menge und die Zusammensetzung dieser Reservenernährung ist in den einzelnen Samenkörnern einer bestimmten Pflanzenart und selbst einer bestimmten Mutterpflanze vielfach verschieden, aber noch viel verschiedener sind die äußeren und inneren Eigenschaften der einzelnen in diesen Samen eingeschlossenen kleinen Pflanzenembryonen. Wenn man von irgend einem Gewächse eine Hand voll Samenkörner beliebig greift, so hat man darin gesunde und kranke, große und kleine, lebenskräftige und lebensmatte Pflanzenanlagen, und wenn man davon hundert Stück unter ganz gleichen Verhältnissen keimen und wachsen läßt, so sind die daraus entstehenden Pflanzen alle hundert einander ähnlich, aber nicht zwei davon sind sich in allen ihren Teilen absolut gleich. Jedes einzelne Pflanzenembryo, so klein und unvollkommen es auch erscheinen mag, ist so zu sagen der Träger einer ihm allein eigentümlichen individuellen Idee des Pflanzenleibes, welche sich zwar in ihren Grundzügen dem Baue der Mutterpflanze eng anschließt, in ihren Einzelheiten aber bald mehr.

bald minder abweicht, und welcher es bei seiner Entwicklung unentwegt nachstrebt. In der Verfolgung dieser Idee kann es eine spätere gute oder schlechte Ernährung fördern oder hemmen, aber nie von derselben ablenken.

Der intelligente praktische Landwirt weiß es recht wohl, welche wichtigen Hilfsmittel für seine Kultur ihm eine rationelle Samenzüchtung, eine sorgfältige Auswahl des bestentwickelten Saatgutes und ein verständiger Samenwechsel bieten, und doch hat das alles für ihn nicht entfernt so hohe Bedeutung, wie für den experimentierenden Agrikulturchemiker. Im großen Betriebe werden auf einen Hektar mehrere Millionen Getreidekörner ausgesät. Sind darunter einzelne kranke und matte, so werden sie bald von den kräftigeren unterdrückt und ersetzt; finden sich einzelne andere, die eine besondere Neigung zeigen, von ihrem Artcharakter abzuweichen und zu variieren, so hat das auf das Gesamtergebnis nicht den geringsten störenden Einfluß. Passiert es aber bei den Versuchen in kleinen Kulturgefäßen, daß einzelne Keimpflanzen in ihrer Entwicklung gleich von Haus aus eine abweichende Richtung einschlagen, so wird dies für den Erfolg schon dort, wo man mit drei, vier Pflanzen operiert, nicht gleichgültig sein, kann aber in den Fällen, wo man wegen der Größe der Pflanzenart gezwungen ist, sich auf je ein Exemplar pro Kulturgefäß zu beschränken, für die Gültigkeit des ganzen Versuchs entscheidend werden.

Diese Abhängigkeit von den individuellen Eigenschaften der einzelnen Samen bei allen Versuchen im Kleinen ist nicht zu unterschätzen; die daraus entspringenden Unbilligkeiten nach Möglichkeit zu beschränken, d. h. also, nur solche Samenkörner zur Ansaat auszuwählen, die nach allen Richtungen hin möglichst gleich veranlagt sind, ist die erste Aufgabe und zugleich die erste Schwierigkeit, die auch bei der Sandkultur zu bewältigen sind.

Leider sind die Hilfsmittel, die dem Experimentator hierbei zur Verfügung stehen, sehr gering; aber es giebt doch wenigstens einige, die es ihm ermöglichen, sich nicht lediglich und ganz dem Spiele des Zufalls überlassen zu müssen.

Über die inneren Eigenschaften eines Samenkorns giebt uns die sorgfältigste Untersuchung desselben nicht die geringste Auskunft. Ob das Embryo die Neigung hat, der Mutterpflanze unverändert nachzuarten, oder nach bestimmten Richtungen zu variieren, oder auf

bessere oder schlechtere Eigenschaften seiner Voreltern zurückzuschlagen, kann kein Mensch ihm ansehen. Aber die Erfahrung lehrt uns wenigstens schon, daß die Pflanzenarten und Pflanzenvarietäten, wenn sie an einem bestimmten Orte unter ihnen entsprechenden guten Verhältnissen längere Zeit fortgebaut werden, eine gewisse Konstanz erlangen, d. h. die Neigung weiter zu variieren oder zurückzuschlagen immer mehr und mehr verlieren. Man wird also berechtigte Hoffnung legen dürfen, die Nachteile, welche aus der verschiedenen individuellen Veranlagung der Samen entspringen können, dadurch schon bedeutend zu beschränken, daß man sein Saatgut nicht zufällig und beliebig irgend woher greift, sondern dasselbe mit gebührender Sorgfalt nur von normal gebauten, möglichst gleich entwickelten Mutterpflanzen einer solchen Art oder Varietät entnimmt, die an dem Versuchsorte sich vollkommen akklimatisiert hat und den erwünschten hohen Grad von Konstanz zeigt.

Ob ein Same heil oder verletzt, gesund oder krank ist, lehrt in den meisten Fällen schon das bloße Auge.

Bei allen Samen, welche nicht eine kompliziert gebaute Hülle aufweisen, wird man schließen dürfen, daß die Größe jedes einzelnen Korns in einem nahen Verhältnisse zu der Menge der in demselben aufgespeicherten Reservenernährung und wahrscheinlich auch zu der Größe und Vollkommenheit des darin enthaltenen Embryos steht. Zur genauen und bequemen Bestimmung der Größe eines Samens aber bieten das absolute und spezifische Gewicht desselben bekannte Hilfsmittel.

Das spezifische Gewicht wird sogar, wenn auch *cum grano salis* und mit Vorsicht gewisse Rückschlüsse auf die innere Textur und auf den chemischen Gehalt des Samens erlauben.

Kurz, ganz verlassen ist der Versuchsansteller der bedenklichen individuellen Verschiedenheit der Samen gegenüber nicht; bei der Wichtigkeit aber, welche die Sache für alle Versuche in kleinen Gefäßen und mit wenigen Pflanzenindividuen offenbar hat, erschien es von Wert, die Tragweite der genannten Hilfsmittel etwas näher zu prüfen. Diese Erwägung gab Veranlassung zu folgenden Versuchen.

Erstes Kapitel.

Einfluss des absoluten und des spezifischen Gewichts der Samen auf die Entwicklung der Getreidepflanzen.

Wenn man eine Getreidegarbe ausklopft, oder einige Metzen Frucht, wie sie der Landwirt als gereinigt zu Markte bringt, hernimmt, so hat man in dieser Samenmasse Individuen von so verschiedener Größe und Schwere, wie man nur wünschen mag. Wir haben z. B. aus zwei Metzen marktfähiger kleiner Gerste (*Hordeum vulgare*) große Körner herausgesucht, deren Gewicht lufttrocken 60 mg war, und kleine, aber nicht flache, sondern anscheinend gut voll und rundlich ausgebildete, die nicht mehr als 12 mg lufttrocken wogen; — und wir fanden Schwankungen in dem spezifischen Gewichte der einzelnen Körner, die von 1,12 bis 1,28 gingen.

Bei der Auswahl des Versuchsmaterials aus solcher größeren Masse verzichtete man von vornherein darauf, Körner von vollkommen gleicher Schwere zu erhalten, und begnügte sich aus leicht begreiflichen Gründen damit, Samenportionen abzuscheiden, die ein annähernd gleiches, aber bekanntes und von den übrigen Portionen genügend verschiedenes Gewicht hatten.

Man verfuhr dabei, wie in der Kürze gesagt sein mag, so, dass man sich verschiedene Chlorcalciumlösungen (in den ersten Jahren) oder Zuckerlösungen (in den späteren Jahren) von bekanntem spezifischen Gewichte herstellte. Dann legte man eine mäfsige, leicht handliche Quantität Samen in ein Sieb, tauchte sie mit demselben eine kurze Zeit in der stärksten Lösung unter und warf sie sofort, ohne sie lange abtropfen zu lassen, auf ein Tuch, in welchem sie tüchtig hin und her gerollt wurden. Die Operation verfolgte den Zweck, die Samen an allen Stellen vollständig zu benetzen und anhängende Luftbläschen nach Möglichkeit von ihrer Oberfläche zu vertreiben. Hierauf wurden sie sofort in dieselbe Lösung zurückgegeben, tüchtig umgerührt und ein Weilchen der Ruhe überlassen. Die in der Lösung untergesunkenen Samen fanden für den Versuch weiter keine Berücksichtigung, die schwimmenden wurden mittels eines Siebes rasch

herausgehoben, durch Rollen auf trocknen Tüchern so gut als möglich abgetrocknet und sofort weiter in die zweite zunächst schwächere Lösung geworfen. Die hierin schwimmenden Körner wurden entfernt, die untergesunkenen aber als Versuchsmaterial designiert und ihr spezifisches Gewicht als zwischen dem der beiden gebrauchten Salzlösungen angenommen. Die weitere Behandlung dieser letzteren Körner bestand darin, daß man sie aus der Lösung rasch herausnahm, mit viel kaltem Wasser wusch und rasch durch Rollen auf Tüchern so vollständig als möglich abtrocknete.

Wenn mit mäfsigen Körnerquantitäten operiert wurde, so liefsen sich die beschriebenen Manipulationen so flott beenden, daß die Befürchtung, die Körner möchten unterdeß eine ansehnlichere Menge Lösung aufsaugen, nicht Platz greifen konnte.

Schließlich liefs man die ausgewählten Körnerportionen wochenlang und überhaupt so lange in einem Zimmer bei mittlerer Temperatur offen ausgebreitet liegen, bis sie an Gewicht nicht mehr verloren, — will sagen, bis sie vollständig lufttrocken geworden waren und schied sie endlich noch, so weit dies in dem Plane der Versuche lag, auf der Wage in verschiedene Portionen von annähernd gleichem absoluten Gewicht.

Wie mangelhaft diese Methode der Samenauswahl sein mag, so wurde sie doch für den Zweck der nachstehenden Versuche genügend erachtet.

A.

Einfluß der absoluten Schwere des Samens.

Von einer gröfseren Quantität kleiner Gerste (*Hordcum vulgare*) wurden mit Hülfe zweier Salzlösungen Ende des Jahres 1862 die Körner abgeschieden, deren spezifisches Gewicht mehr als 1,190 und weniger als 1,200, im Mittel also 1,195 betrug. Die durchschnittliche absolute Schwere dieser Samen war 33 mg, doch fanden sich vereinzelt Unterschiede von 17 bis 47 mg, und es gelang, auf der Wage eine zu den beabsichtigten Versuchen genügende Menge Samen von folgenden vier Gröfsen herauszufinden:

a.	Samen von	42	bis	47,	im	Durchschnitt	von	45	mg	Schwere,
b.	„	35	„	42,	„	„	„	39	„	„
c.	„	23	„	29,	„	„	„	26	„	„
d.	„	17	„	22,	„	„	„	19	„	„

Diese Samen wurden zunächst zwischen feuchtem Filtrirpapier zum Keimen gebracht, und dann am 16. Juni 1863 von denjenigen, welche bis dahin ihre Würzelchen gleich weit entwickelt hatten, je fünf Stück in Glaskulturgefäßen angesäet, die mit 5129 g lufttrocknem — entsprechend 5000 g wasserfreiem — Gartenboden gefüllt waren. Mit jeder der vier Samengrößen wurden gleichzeitig drei Gefäße beschickt, die sich gegenseitig zur Kontrolle dienen sollten.

Bei der Aussaat wurde möglichste Sorgfalt darauf verwendet, daß alle Samenkörner gleich tief — und zwar 2 cm tief — in den Boden gelangten.

Begossen wurde mit Brunnenwasser und der Feuchtigkeitsgrad des Bodens in der Weise reguliert, daß er immer zwischen 30 und 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des letzteren schwankte. Die Kulturgefäße wurden so viel als möglich im Freien gehalten und nur bei ungünstiger Witterung zum Schutze in ein Glashaus gebracht. Die Pflanzen vegetierten unter diesen Verhältnissen freudig, ja üppig.

Gleich von dem Aufgehen an ergaben sich zwischen den aus verschiedenen Körnergrößen erwachsenen Pflanzen die auffallendsten Unterschiede, während die Kontrollepflanzen unter sich die wünschenswerteste Übereinstimmung zeigten.

Dies wurde Veranlassung, statt wie anfangs beabsichtigt war, die je drei gleich behandelten Kontrollen bis zuletzt neben einander hergehen zu lassen, in einigen derselben die Ernte der Versuchspflanzen schon in früheren Vegetationsperioden vorzunehmen.

Während der weiteren Entwicklung glichen sich die anfangs so schroffen Unterschiede in dem Stande der Pflanzen mehr und mehr aus und verschwanden zuletzt anscheinend ganz.

Bei der Ernte wurde immer so verfahren, daß man die Pflanzen hart an der Bodenoberfläche abschnitt, sofort ihr Frischgewicht ermittelte und dann nach vollständigem Austrocknen bei 110° C. ihr Trockengewicht bestimmte.

Den Erfolg drücken folgende Zahlen aus:

a. In vier Gefäßen wurden die Pflanzen geschnitten, als sie das dritte Blatt bekommen hatten, und zwar am 2. Juli.

Einzelne Exemplare, welche aus 45 mg schweren Samen erzogen waren, fingen schon an, sich zu bestocken.

Laufende Versuchs- nummer	Die ausgelegten Samen hatten gewogen	Die fünf Pflanzen wogen in frischem Zustande	Dieselben ent- hielten Trocken- substanz
	mg	mg	Proz.
1.	45	3570	10,8
2.	39	3125	10,4
3.	26	1910	11,5
4.	19	1495	11,2

Die Produktionsverhältnisse stellten sich also:

Laufende Versuchs- nummer	Gewicht des Samens mg	Je eine Pflanze wog		Je eine Pflanze wog mal mehr als das Saatkorn	
		frisch mg	trocken mg	frisch	trocken
1.	45	714	77	15,9	1,71
2.	39	625	65	16,0	1,67
3.	26	382	44	14,7	1,69
4.	19	299	33	15,7	1,74

b. In zwei Gefäßen wurden die Pflanzen geschnitten, als die Ähre sich zu zeigen begann, und zwar am 23. Juli.

Laufende Versuchs- nummer	Die ausgelegten Samen hatten gewogen	Die fünf Pflanzen wogen in frischem Zustande	Dieselben ent- hielten Trocken- substanz
	mg	mg	Proz.
5.	45	22 410	16,4
6.	19	21 450	14,7

Produktionsverhältnisse:

Laufende Versuchs- nummer	Gewicht des Samens mg	Je eine Pflanze wog		Je eine Pflanze wog mal mehr als das Saatkorn	
		frisch mg	trocken mg	frisch	trocken
5.	45	4482	736	100	16,4
6.	19	4290	630	226	33,2

c. In den übrigen sechs Gefäßen wurden die Pflanzen reif geerntet am 2. September.

Laufende Versuchs- nummer	Die Samen hatten gewogen mg	Größte Länge der Halme cm	Die fünf Pflanzen hatten produziert		
			Ähren	unfruchtbare Nebentriebe	Körner
7.	45	101	17	10	285
8.	45	110	12	8	312
9.	39	117	12	5	298
10.	26	101	12	8	299
11.	19	94	14	2	350
12.	19	101	14	11	330

Laufende Versuchs- nummer	Samen- gewicht	Die Ernte pro Kultur- gefäß wog wasserfrei			Je eine Pflanze wog trocken		
		Stroh	Körner	in Sa.	Stroh	Körner	in Sa.
		mg	mg	mg	mg	mg	mg
7.	45	11 436	10 102	21 538	2287	2021	4308
8.	45	10 991	11 188	22 179	2199	2237	4436
9.	39	12 116	11 499	23 615	2423	2300	4723
10.	26	12 174	10 888	23 062	2435	2177	4612
11.	19	11 290	12 040	23 330	2258	2408	4666
12.	19	12 062	11 886	23 948	2412	2377	4789

Da man voraussetzen mußte, daß in den Versuchen von dem Momente an, mit welchem die Pflanzen aus dem Keimleben heraus-traten, die mehr oder minder kräftige Ernährung, — mit anderen Worten also die Bodenqualität einen entscheidenden Einfluß auf das Schlusresultat gewinnen würde, so stellte man gleichzeitig mit der eben beschriebenen Versuchsreihe, in welcher eine fruchtbare Gartenerde als Bodenmaterial benutzt worden war, eine zweite Reihe von Versuchen in Betrieb, in welcher statt jener ein armer Feldboden zur Verwendung kam. Es diente zu diesem Behufe der humusarme, schwach lehmige Sand, welcher als Ackerkrume in weiten Strecken Norddeutschlands, besonders der Mark Brandenburg, die jüngere Diluvial-Mergelformation überdeckt. In jedes Kulturgefäß wurden von diesem Boden 5438 g lufttrocken = 5300 g ganz trocken gegeben. Alle übrigen Versuchsverhältnisse waren dann genau dieselben, wie in der vorhergehenden Reihe.

Über die Vegetation in dieser Versuchsreihe ist zu bemerken, daß dieselbe der geringeren Kraft des Bodens entsprechend von Anfang bis zu Ende schwächlicher verlief, als im Gartenboden. Im Übrigen stellten sich unmittelbar nach dem Aufgehen der Saat die Unterschiede zwischen den aus ungleich schweren Samen erwachsenen Pflanzen und zwar parallel der Samenschwere ganz eben so schroff heraus, wie in der ersten Versuchsreihe, glichen sich auch, wie dort, mit dem Fortschreiten des Wachstums mehr und mehr aus, aber langsamer und waren auch bei der Reife der Pflanzen nicht vollkommen verschwunden.

Die in den drei Perioden ganz wie in der ersten Versuchsreihe vorgenommenen Ernten ergaben als Resultat:

a. Die Pflanzen wurden am 2. Juli geschnitten, als sie das dritte Blatt bekommen hatten.

Auch von den aus 45 mg schweren Samen stammenden schickte sich noch keine zur Bestockung an.

Laufende Versuchs- nummer	Die ausgelegten Samen hatten gewogen	Die fünf Pflanzen wogen in frischem Zustande		Dieselben ent- hielten Trocken- substanz	
		mg	mg	Proz.	Proz.
13.	45	2085	12,0		
14.	39	1990	11,7		
15.	26	1190	12,3		
16.	19	920	12,2		

Die Produktionsverhältnisse stellten sich also:

Laufende Versuchs- nummer	Gewicht des Samens mg	Je eine Pflanze wog		Je eine Pflanze wog mal mehr als das Saatkorn	
		frisch	trocken	frisch	trocken
		mg	mg		
13.	45	417	50	9,3	1,11
14.	39	398	47	10,2	1,21
15.	26	238	29	9,2	1,12
16.	19	184	22	9,7	1,16

b. Die Pflanzen wurden geschnitten, als die Ahre sich zu zeigen begann, am 23. Juli.

Laufende Versuchs- nummer	Die ausgelegten Samen hatten gewogen	Die fünf Pflanzen wogen in frischem Zustande		Dieselben ent- hielten Trocken- substanz	
		mg	mg	Proz.	Proz.
17.	45	9045	18,6		
18.	19	7875	13,5		

Produktionsverhältnisse:

Laufende Versuchs- nummer	Gewicht des Samens mg	Je eine Pflanze wog		Je eine Pflanze wog mal mehr als das Saatkorn	
		frisch	trocken	frisch	trocken
		mg	mg		
17.	45	1809	337	40	7,5
18.	19	1575	212	83	11,2

c. Die Pflanzen wurden reif geerntet am 2. September.

Laufende Versuchs- nummer	Die ausgelegten Samen hatten gewogen mg	Größte Länge der Halme cm	Die fünf Pflanzen hatten produziert		
			Ähren	unfruchtbare Nebentriebe	Körner
19.	45	90	5	—	132
20.	45	83	9	1	138
21.	39	91	6	—	151
22.	26	98	6	—	159
23.	19	85	6	—	136
24.	19	89	7	3	120

Laufende Versuchs- nummer	Samen- gewicht mg	Die Ernte pro Kultur- gefäß wog wasserfrei			Je eine Pflanze wog trocken		
		Stroh	Körner	in Sa.	Stroh	Körner	in Sa.
		mg	mg	mg	mg	mg	mg
19.	45	4388	5047	9435	878	1009	1887
20.	45	4696	4758	9454	939	952	1891
21.	39	4154	5068	9222	831	1013	1844
22.	26	4405	5172	9577	881	1034	1915
23.	19	3681	3731	7412	736	746	1482
24.	19	4467	4191	8653	893	838	1731

Obwohl die hiermit erlangten Resultate deutlich und bestimmt genug waren, um zur Entscheidung der Frage als ausreichend gelten zu dürfen, so versäumte man doch nicht, die Versuche im Jahre 1866 gelegentlich noch einmal zu wiederholen.

Man schied zu diesem Behufe aus einer größeren Partie Gerste (Hord. vulgar.) mittelst Salzlösungen den Teil ab, dessen spezifisches Gewicht zwischen 1,22 und 1,19 lag — im Mittel also = 1,205 war.

Aus diesem wurden wieder auf der Wage Körner von vier verschiedenen Größen ausgesucht, und zwar:

a.	60 Stück, die zwischen 48 und 52 mg, in Summa 3,011 g lufttrocken wogen
b.	65 " " " 38 " 42 " " " 2,612 " " "
c.	60 " " " 28 " 32 " " " 1,808 " " "
d.	83 " " " 18 " 22 " " " 1,720 " " "

Das lufttrockne Durchschnittsgewicht dieser vier Körnergrößen war also pro Stück:

a.	50,2 mg
b.	40,2 "
c.	30,1 "
d.	20,7 "

Als Bodenmaterial diente diesmal nicht eine natürliche Kulturerde, sondern der feine, reine, geglähte Quarzsand, der seit längerer Zeit von der Versuchsstation bei den Experimenten über Pflanzenernährung benutzt wurde, und dessen speziellere Beschreibung bei einer anderen Gelegenheit gegeben werden wird.

Dieser Sand wurde in Quantitäten von je 4000 g in zwölf Glaskulturgefäße gefüllt, und um ihn ertragsfähig zu machen, mit einer Nährstofflösung versehen, die, wie längere Erfahrung gezeigt hatte, ein gutes Wachstum der Gerste garantierte.

Die Mischung bestand pro Kulturgefäß aus:

Saurem phosphorsaurem Kali	472 mg
Chlornatrium	117 "
Schwefelsaurer Magnesia	120 "
Salpetersaurem Kalk	1640 "
Salpetersaurem Kali	404 "

In Summa 2753 mg.

Mit jeder Körnergröße besäete man wiederum je drei Kulturgefäße gleichzeitig und verfuhr dabei so, daß man von den vorher auf feuchtem Filtrirpapier angekeimten Samen in jedes Gefäß 16 Stück, die möglichst gleichweit entwickelt waren, genau $2\frac{1}{2}$ cm tief einbrachte.

Von den 16 Samen sollte nur die bessere und unter sich ganz gleiche Hälfte die volle Entwicklung durchmachen, die andere aber zunächst als Reserve dienen und dann bald nach dem Aufgehen entfernt werden.

Die Feuchtigkeit des Bodens wurde derart reguliert, daß sie von Anfang bis Ende des Versuchs von 60 Proz. bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwankte.

Bei gutem Wetter vegetierten die Pflanzen im Freien, bei ungünstigem fanden sie im Glashause Schutz.

Soviel über die Grundlagen des Versuchs.

Die Resultate stimmten mit den im Jahre 1863 gemachten Erfahrungen vollständig überein.

Kurz nach dem Aufgehen waren die jungen Pflänzchen das getreueste Abbild der Samenqualität; — je größer und schwerer das Samenkorn, desto größer und stämmiger die daraus hervorgekommene Pflanze. Bei der weiteren Entwicklung, die normal und kräftig

erfolgte, verwischten sich allmählich diese Unterschiede und verschwanden zuletzt wenigstens scheinbar ganz.

Die nachfolgenden Zahlen über die Ernteresultate ergeben das Nähere.

Zuvor sei noch bemerkt, daß die Aussaat der Körner (welche eben den Wurzelkeim hervorgestreckt hatten) in die Kulturgefäße am 5. Juni erfolgte, und daß am 8. Juni die Spitzen der Pflänzchen gleichmäßig über der Erde erschienen.

Die Ernte der ersten vier Kulturgefäße wurde am 14. Juni vorgenommen. Man erhielt:

Von Versuchsnummer	25.	26.	27.	28.
Die mit Samen belegt waren vom absoluten Gewicht =	50,2	40,2	30,1	20,7 mg
Zahl der geernteten Pflanzen	16	16	16	14
(Aus unbekanntem Gründen waren in Nr. 28, während in allen übrigen Kulturgefäßen sich die 16 Samen gut entfaltet hatten, zwei Samen ausgeblieben.)				
Die Pflanzen wurden mit den Wurzeln ausgehoben, resp. ausgespült, was sich aus dem feinen Sande leicht und vollständig bewerkstelligen liefs, dann auf Fließpapier rasch abgetrocknet und zur Wage gebracht. Sie wogen in				
Summa frisch	14,76	10,56	9,04	4,30 g
Wie die nachfolgende Analyse nachwies, war davon: — anhaftender Sand . . .	2,01	1,36	1,41	0,56 "
Und mithin frische Pflanzensubstanz . .	12,75	9,20	7,63	3,74 "
Von den gewonnenen Ernten wurden zunächst je zwei Pflanzen mittlerer Entwicklung zu einem anderen Zwecke weggenommen und der Rest behufs Bestimmung der Asche und Trockensubstanz in seine einzelnen Organe zerlegt. Man fand:				
Von Pflanzen an Zahl	14	14	14	12
In der noch unzeretzten Samenhülle:				
Organische Trockensubstanz	0,097	0,071	0,055	0,034 "
Asche	0,008	0,009	0,010	0,006 "
Trockne Pflanzensubstanz in Summa .	0,105	0,080	0,065	0,040 "
In den Halmen und Blättern:				
Organische Trockensubstanz	0,401	0,333	0,279	0,147 "
Asche	0,100	0,072	0,058	0,033 "
Trockne Pflanzensubstanz in Summa .	0,501	0,405	0,337	0,180 "

In den Wurzeln:				
Organische Trockensubstanz	0,240	0,185	0,152	0,080 g
Asche	0,131	0,106	0,092	0,044 "
Trockene Pflanzensubstanz in Summa .	0,371	0,291	0,244	0,124 "
D. i. also in der gesamten Ernte trocken				
Pflanzensubstanz in Summa	0,977	0,776	0,646	0,344 "
Je eine Pflanze wog mithin frisch	0,797	0,575	0,477	0,267 "
" " " " " trocken	0,070	0,055	0,046	0,029 "
Je eine Pflanze wog trocken mal mehr als ihr lufttrockner Same	1,40	1,38	1,53	1,45 "
Oder da die Samen, als sie nach langem Liegen im Zimmer gewogen wurden, noch 7,5 Proz. Feuchtigkeit enthielten, so wog je eine trockne Pflanze mal mehr, als ihr trockner Same	1,51	1,48	1,65	1,52 "
Die unzersetzten Samenhüllen wogen pro Pflanze trocken	7,5	5,7	4,6	3,3 mg
Das sind Prozent des trocknen Samens .	16	16	17	17
Die ganze Pflanze = 100 gesetzt, be- tragen:				
Die Halme und Blätter	57,5	58,2	58,0	59,2
Die Wurzeln	42,5	41,8	42,0	40,8
Die Asche betrug in Prozenten:				
In den Halmen	19,96	17,78	17,21	18,33
In den Wurzeln	35,31	36,43	37,70	35,48
In der ganzen Pflanze (excl. der un- zersetzten Samenhülle)	26,49	25,57	25,82	25,33
Die ganze Pflanze enthielt Trocken- substanz	8,8	9,6	9,6	10,9 Proz.

(Man wird verzeihen, wenn hier gelegentlich ein paar Versuchszahlen mit angeführt sind, die — streng genommen — nicht zur Sache gehören, die aber vielleicht einige andere nicht uninteressante Beziehungen bieten.)

An demselben Tage, an welchem die ersten vier Kulturgefäße abgeerntet waren, wurden in den noch übrigen die acht Reservepflanzen entfernt, so dafs von da an nur noch die acht am gleichmäfsigsten entwickelten weiter vegetierten.

Am 5. Juli wurde die Ernte von vier weiteren Versuchsnummern vorgenommen.

Die Pflanzen hatten die Ähre schon fertig gebildet, doch steckte dieselbe noch innerhalb der oberen Blattscheide, eben im Begriff, mit den Grannenspitzen dieselbe oben zu verlassen.

Es ergaben:

	29.	30.	31.	32.	
Die Versuchsnummern	29.	30.	31.	32.	
Die mit Samen belegt waren vom absoluten Gewicht =	50,2	40,2	30,1	20,7	mg
Zahl der geernteten Pflanzen	8	8	8	8	
Der oberirdische Teil derselben wog frisch in Summa	31,95	33,60	22,75	25,90	g
Davon wurde je eine Pflanze zu anderen Zwecken weggenommen, welche frisch ein Gewicht hatte von	3,80	3,90	2,95	3,30	"
Die übrigen sieben Pflanzen wurden getrocknet und wogen wasserfrei	5,482	4,072	3,426	3,713	"
Dieselben hinterließen Asche + Sand	0,869	0,726	0,496	0,669	"
Davon war Sand	0,372	0,301	0,153	0,289	"
Die Wurzeln der acht Pflanzen wogen incl. des anhängenden Sandes bei 110°C. getrocknet	26,316	31,358	11,533	23,864	"
Und hinterließen beim Verbrennen Asche + Sand	24,797	29,881	10,888	22,720	"
Davon war Sand	24,232	29,274	10,015	22,192	"
Die gesamte Ernte lieferte sonach:					
In den oberirdischen Pflanzenteilen:					
Organische Trockensubstanz	5,236	3,785	3,367	3,488	"
Asche	0,564	0,481	0,394	0,435	"
Trockne Pflanzensubstanz zusammen	5,800	4,266	3,761	3,923	"
In den Wurzeln:					
Organische Trockensubstanz	1,519	1,477	1,145	1,144	"
Asche	0,565	0,607	0,373	0,528	"
Trockne Pflanzensubstanz zusammen	2,084	2,084	1,518	1,672	"
Beträgt für die ganze trockne Ernte in Summa	7,884	6,350	5,279	5,595	"
Je eine Pflanze enthielt mithin im Durchschnitt in den oberirdischen Teilen:					
Organische Trockensubstanz	0,654	0,473	0,421	0,436	"
Asche	0,071	0,060	0,049	0,054	"
Trockne Pflanzensubstanz zusammen	0,725	0,533	0,470	0,490	"
In den Wurzeln:					
Organische Trockensubstanz	0,190	0,185	0,143	0,144	"
Asche	0,071	0,076	0,047	0,066	"
Trockne Pflanzensubstanz zusammen	0,261	0,261	0,190	0,210	"
Je eine Pflanze wog durchschnittlich trocken	0,986	0,794	0,660	0,700	"
Die trockne Pflanze = 100 gesetzt, betragen:					
Die oberirdischen Teile	73,6	67,2	71,2	71,0	
Die Wurzeln	26,4	32,8	28,8	29,0	
Die Asche betrug Prozent der Trockensubstanz:					
In den oberirdischen Teilen	9,73	11,28	10,48	11,09	
In den Wurzeln	27,1	29,1	24,6	31,6	
In der ganzen Pflanze	14,3	17,1	14,5	17,2	

In den jetzt noch restierenden vier Kulturgefäßen entwickelten die Pflanzen ihre Ähren in der Zeit vom 5. bis 17. Juli und reiften gleichmäßig in der zweiten Hälfte des August.

Die Ernte derselben wurde am 23. August vorgenommen und ergab:

Laufende Versuchs- nummer	Gewicht der ausgesäeten Samen mg	Zahl der geernteten		Länge der *)				Zahl der Körner	
		Pflanzen	Ähren baren Triebe	ährentragenden Halme		Haupthalme			
				unfrucht- bare	frucht- bare	von—bis in Sa. cm	von—bis in Sa. cm		im Durchschnitt cm
33.	50,2	8 8 **)	10	68—100	666	73—100	598	86	183
34.	40,2	8	4	65—99	847	68—99	715	89	240
35.	30,1	8	8	42—90	740	68—90	634	79	206
36.	20,7	8	6	50—86	642	66—86	592	74	210

Laufende Versuchs- nummer	Gewicht der ausgesäeten Samen mg	Trockengewicht der Ernte	
		Stroh Körner	in Sa. mg
33.	50,2	6413	12796
34.	40,2	7118	14236
35.	30,1	6173	12187
36.	20,7	5564	11610

*) Es wurde von der Bodenoberfläche bis zur Grannenspitze gemessen.

**) In Versuchsnummer 33 war eine Pflanze krank und verkümmert, so daß sie es nicht bis zur Entwicklung einer Ähre gebracht hatte.

Alle drei Versuchsreihen beweisen den bedeutenden Einfluss, welchen das absolute Gewicht des Getreidesamens auf die Entwicklung der daraus hervorgehenden Pflanze hat, klar und in vollster Uebereinstimmung.

Ein gröfserer Same entwickelt nicht nur unter allen Umständen eine gröfsere Keimpflanze als ein kleiner, sondern man darf geradezu sagen, dafs die Gröfse einer jungen Pflanze, so lange sie sich in der Periode des Keimlebens befindet, und selbst noch in den Anfängen der Produktion in einem sehr nahen Verhältnisse zu der Gröfse des Samenkorns stehe, aus dem sie hervorgegangen ist.

Und weiter beweisen die Versuche, dafs dieser Einfluss bedeutend genug ist, um sich selbst noch in den späteren Lebensepochen unter Umständen geltend zu machen. Er verwischt sich zwar bedeutend während des weiteren Wachstumes der Pflanze, verschwindet aber vollständig nur bei besonders reichlichen und günstigen Ernährungsverhältnissen, während er, wo diese fehlen, noch in den Ernteresultaten erkennbar bleibt.

Für den Praktiker beweist dies Resultat die Richtigkeit und Wichtigkeit seines empirischen Grundsatzes, nur möglichst vollkommen ausgebildetes Korn zur Saat zu benutzen. Den Agrikulturchemiker lehrt es, dafs er in der sorgfältigen Auswahl der Samen von möglichst gleichem Gewichte ein bequemes Mittel hat, sich für seine komparativen Ernährungsversuche allezeit nahezu gleich entwickelte Keimpflanzen zu verschaffen und damit die erste der Versuchsstörungen zu vermeiden, die ihn von allen Seiten bedrohen.

B.

Einfluss der specifischen Schwere des Samens.

In den Jahren 1857 und 1858 waren an der Versuchsstation Dahme einige Versuchsreihen über den Einfluss des spezifischen Gewichtes der Getreidesamen ausgeführt worden mit folgendem Resultate:

Lau- fende Ver- suchs- num- mer	Zahl der ausge- säeten Samen	Spezifisches Gewicht derselben	Zahl der daraus ent- wickelten Pflanzen	Gewicht der produzierten Trockensubstanz			
				In der ganzen Ernte			in je einer Durch- schnitts- pflanze
				Wurzeln	Halme und Blätter	in Sa.		mg
				cg	cg	cg	
Winterroggen, jung geerntet.							
a. in gutem Boden gewachsen.							
37.	12	1,37—1,33	11	48	51	99	90
38.	12	1,33—1,30	11	37	52	89	81
39.	12	1,30—1,27	9	25	35	60	75
b. in armem Boden gewachsen.							
40.	12	1,30—1,25	12	22	29	51	47
41.	12	1,25—1,20	10	15	26	41	41
42.	12	1,20 abwärts	6	8	13	21	35
Winterroggen, in der Blüte geerntet.							
43.	12	1,37—1,33	12	371	1092	1463	1219
44.	12	1,33—1,30	11	249	881	1130	1027
45.	12	1,30—1,27	10	245	792	1037	1037
Winterweizen, jung geerntet.							
46.	12	1,38—1,35	12	190	101	291	242
47.	12	1,35—1,32	10	151	100	251	251
48.	12	1,32 abwärts	10	135	82	217	217
Winterweizen, in der Blüte geerntet.							
49.	12	1,38—1,35	12	474	1505	1979	1649
50.	12	1,35—1,32	10	316	955	1271	1271
51.	12	1,32 abwärts	9	289	922	1211	1346
Gerste, jung geerntet.							
52.	12	1,28—1,25	12	82	91	173	144
53.	12	1,25—1,23	12	134	70	204	170
54.	12	1,23—1,21	12	105	107	212	177
55.	12	1,21—1,17	12	90	94	184	153
56.	12	1,17 abwärts	12	57	78	155	112
Hafer, jung geerntet.							
57.	12	1,10—1,07	12	37	31	68	57
58.	12	1,07—1,04	12	38	44	82	68
59.	12	1,04—1,02	12	26	29	55	46
60.	12	1,02—1,00	12	30	34	64	54
61.	12	1,00—0,98	12	31	36	67	56
62.	12	0,98—0,97	12	32	33	65	54
63.	12	0,97 abwärts	10	18	29	47	47
Gerste, jung geerntet.							
64.	3	1,25—1,21	3	16	17	33	111
65.	3	1,19—1,18	3	10	11	21	71
66.	3	1,16—1,14	3	8	7	15	51
Hafer, jung geerntet.							
67.	5	1,09—0,88	5	24	28	52	129
68.	5	1,06—1,04	5	25	24	49	123
69.	5	1,02—1,00	5	26	22	48	97
70.	5	0,98—0,95	5	27	25	52	104

Die Resultate dieser Versuche sind voller Widersprüche, scheinen aber im Großen und Ganzen darauf hinzudeuten, daß der Einfluß des spezifischen Gewichtes der Samen sich in ähnlicher Weise geltend mache, wie der des absoluten.

Leider sind dieselben damals auch in den Annalen der Landwirtschaft veröffentlicht worden und von da mehrfach anstandslos in die Literatur übergegangen.

Dies ist der Grund, warum sie hier nochmals angeführt werden, lediglich, um dabei ausdrücklich zu erklären, daß dieselben vollkommen wertlos und mit einem Grundfehler behaftet sind.

Der Fehler ist der, daß bei der Auswahl der Samen das absolute Gewicht derselben nicht mit berücksichtigt und lediglich dem Zufalle überlassen worden ist.

Von dem Augenblicke an, wo wir den bedeutenden Einfluß erkannten, den das absolute Samengewicht auf die Entwicklung der daraus hervorgehenden Pflanze hat, und wo wir uns weiter überzeugten, daß das spezifische Gewicht der Samen mit dem absoluten in einem gewissen Grade Hand in Hand geht, derart, daß der absolut schwerere Same in der Regel auch der relativ schwerere ist — eine Erscheinung, die leicht erklärlich ist —, von diesem Augenblicke an wurde es uns gewiß, daß die Resultate der vorerwähnten Versuche nur den Einfluß der zufälligen absoluten Schwere, nicht den der bestimmten spezifischen der benutzten Samen zum Ausdrucke brachten.

Wir versäumten deshalb nicht, zur weiteren Prüfung der Frage bei passender Gelegenheit einige neue Versuchsreihen in Gang zu setzen, die von dem gerügten Fehler frei waren.

Dies geschah zunächst im Jahre 1865.

Man schied aus einer größeren Quantität Gerste (Hord. vulg.) die Körner ab, deren spezifisches Gewicht

a.	zwischen	1,26	und	1,25,	im	Mittel	also	bei	1,255
b.	„	1,22	„	1,19,	„	„	„	„	1,205
c.	„	1,16	„	1,14,	„	„	„	„	1,150

lag und suchte aus jeder dieser drei Portionen mit Hilfe der Wage die Samen heraus, welche lufttrocken zwischen 32 und 34, im Mittel also 33 mg wogen.

Wenn auch wie schon erwähnt die spezifisch schwerere Portion

immer in der Hauptsache aus gröfseren, die spezifisch leichtere aus kleineren Körnern besteht, so gelang es doch, sich die gewünschte Zahl Samen von gleichem mittleren Gewichte aus allen drei Portionen zu beschaffen.

Dies so ausgewählte Samenmaterial wurde gleichmäfsig $2\frac{1}{2}$ cm tief in feinen geglühten Quarzsand gesäet, der in Quantitäten von je 4000 g in 9 Glasgefäße verteilt und mit folgender Nährstofflösung versehen worden war:

Saures phosphorsaures Kali	1181 mg
Chlornatrium	292 „
Schwefelsaure Magnesia	300 „
Salpetersaurer Kalk	1230 „

in Sa. 3003 mg pro Kulturgefäß.

Mit Körnern von gleichem spezifischen Gewichte wurden jedesmal drei Gefäße zugleich bestellt, die sich zur gegenseitigen Kontrolle dienen sollten. Jedes Gefäß erhielt 8 Samen.

Während der Vegetation blieben die Pflanzen bei günstigem Wetter im Freien, bei ungünstigem im Glashause.

Die Bodenfeuchtigkeit liefs man stets von 60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwanken.

Unter diesen Bedingungen wurde der Versuch am 9. Juni begonnen, an welchem Tage die angekeimten Samen, die mit dem Würzelchen eben die Samenschale durchbrochen hatten, eingesäet wurden.

Am 13. Juni durchbrachen sämtliche Blattkeime die Bodenoberfläche, vom 15. bis 22. Juli erschienen bei allen Pflanzen die Ähren und in den Tagen vom 29. bis 31. August konnten sie alle als reif geerntet werden.

Wie wir weiter unten ausführlich besprechen werden, litt die Vegetation unserer sämtlichen Versuchspflanzen in diesem Jahre durch eine lange dauernde, ganz abnorme Hitzeperiode im Juli Not und erreichten dieselben ausnahmslos nicht die Vollkommenheit, die man sonst erwarten durfte.

Da aber alle Pflanzen von dieser Kalamität ganz gleichmäfsig betroffen wurden, und ganz besonders, da wir im Stande sind, sofort noch einen Parallelversuch aus dem folgenden, klimatisch günstigeren Jahre 1866 zur weiteren Stütze beizubringen, so glauben wir die be-

treffenden Resultate deshalb auch nicht notwendig als gänzlich unbrauchbar bei Seite werfen zu müssen.

Im Allgemeinen sei noch bemerkt, daß Unterschiede in Größe und Kräftigkeit, wie sie die aus Samen von verschiedenem absoluten Gewichte erwachsenen Pflanzen besonders in der frühesten Jugendzeit so auffallend zeigten, hier nicht zu bemerken waren.

Dies war auch der Grund, warum man nicht einzelne Pflanzen in früheren Entwicklungsstadien erntete, sondern sie sämtlich neben einander zur vollen Reife kommen liefs.

Das Ernteresultat war (siehe Tabelle I. und II.):

Tabelle I.

Laufende Versuchs- nummer	Spezifisches Gewicht der ausgesäeten Körner	Trockengewicht der Ernte		
		Stroh	Körner	in Sa.
		mg	mg	mg
71.	1,255	5980	3763	9743
72.	1,255	4875	3584	8459
73.	1,255	5070	4098	9168
Mittel	1,255	5308	3815	9123
74.	1,205	6669	4368	11037
75.	1,205	5816	4853	10669
76.	1,205	5330	3895	9225
Mittel	1,205	5938	4372	10310
77.	1,150	5597	3965	9562
78.	1,150	4395	2782	7177
79.	1,150	4728	3505	8233
Mittel	1,150	4907	3417	8324

Der nicht ganz befriedigende Verlauf der Vegetation im Jahre 1865 gab, wie schon erwähnt, Veranlassung, die Versuche mit einigen Abänderungen im Jahre 1866 noch einmal zu wiederholen und zwar gleichzeitig mit den letzten, oben unter den laufenden Versuchsnummern 25 bis 36 (S. 48 bis 53) näher beschriebenen Experimenten betreffend den Einfluß des absoluten Samengewichtes.

Die äußeren Versuchsbedingungen, wie Sand, Nährstoffmischung, Bestellung, Bodenfeuchtigkeit etc., waren hierbei genau die gleichen, wie dort, so daß wir uns damit begnügen können, statt einer wieder-

Tabelle II.

Laufende Versuchs- nummer	Spezifisches Gewicht der ausgesäeten Samen	Zahl der geernteten		Länge der				Zahl der Körner
		Pflanzen	Ähren	ährentragenden Halme		Haupthalme		
				von—bis	in Sa.	von—bis	in Sa.	
				cm	cm	cm	cm	
71.	1,255	8	9	47—69	538	48—69	491	134
72.	1,255	8	7*)	50—63	415	50—63	415	138
73.	1,255	8	9	48—74	578	55—74	530	156
Mittel	1,255							143
74.	1,205	8	9	48—81	592	53—81	544	151
75.	1,205	8	8	63—69	528	63—69	528	170
76.	1,205	8	8	58—71	513	58—71	513	155
Mittel	1,205							159
77.	1,150	8	8	57—68	507	57—68	507	163
78.	1,150	8	8	40—58	400	40—58	400	129
79.	1,150	8	8	59—74	530	59—74	530	156
Mittel	1,150							149

*) In Versuchsnummer 72 war eine Pflanze verkümmert, ohne zur Entwicklung einer Ähre zu gelangen.

holten, detaillierten Angabe derselben auf jene Versuchsnummern einfach zurückzuweisen.

Es wurden Gerstensamen (Hord. vulgar.) als Versuchsmaterial benutzt, deren spezifisches Gewicht

a.	zwischen	1,260	und	1,250	lag,	im	Mittel	also	1,255	betrug,
b.	„	1,220	„	1,190	„	„	„	„	1,205	„
c.	„	1,160	„	1,140	„	„	„	„	1,150	„

und deren absolute Schwere zwischen 36 und 38 mg schwankte, im Mittel also = 37 mg war.

Mit den Körnern von jedem verschiedenen spezifischen Gewichte wurden gleichzeitig immer je drei Kulturgefäße angesät, die diesmal in verschiedenen Entwicklungsepochen der Pflanzen geerntet werden sollten.

Das Wachstum war in diesem Jahre ein besseres, als im vorigen.

Im Übrigen zeigten auch diesmal die aus Samen verschiedener spezifischer Schwere hervorgegangenen Pflanzen keinen für das Auge auffälligen Unterschied, weder in ihrer späteren Entfaltung, noch in den ersten Lebensanfängen. Die Ausbildung derselben war in allen neun Kulturgefäßen und in allen Lebensepochen scheinbar ganz gleich.

Die Ernte der ersten drei Kulturgefäße, in welchen die Pflanzen in einem sehr frühen Jugendzustande geschnitten worden waren, wurde leider durch einen unglücklichen Zufall für die Resultate unbrauchbar.

In den nächsten drei Kulturgefäßen erfolgte die Ernte am 5. Juli, als die Pflanzen im Begriffe waren, die Grannenspitzen der jungen Ähre aus der obersten Blattscheide herauszuschieben.

Man erhielt als Resultat:

	80.	81.	82.
Von den Versuchsnummern	80.	81.	82.
Die mit Samen belegt waren von spezifischem Gewicht	= 1,255	1,205	1,150 g
Zahl der geernteten Pflanzen	8	8	8
Der oberirdische Teil derselben wog in Sa.	26,45	27,04	28,40 g
Davon wurde je eine Pflanze zu anderen Zwecken weggenommen, welche frisch ein Gewicht hatte von	3,35	3,40	3,60 "
Die übrigen sieben Pflanzen wurden getrocknet und wogen wasserfrei	4,541	3,855	4,492 "
Dieselben hinterließen Asche und Sand	0,832	0,644	0,897 "
Davon war Sand	0,421	0,259	0,464 "
Die Wurzeln der acht Pflanzen wogen incl. des anhängenden Sandes, bei 110° C. getrocknet	12,745	30,693	35,043 "
Und hinterließen beim Verbrennen Asche und Sand	11,364	29,419	33,690 "
Davon war Sand	10,957	28,880	33,118 "
Die gesamte Ernte lieferte sonach in den oberirdischen Pflanzenteilen:			
Organische Trockensubstanz	4,247	3,673	4,117 "
Asche	0,471	0,440	0,496 "
Trockne Pflanzensubstanz, zusammen	4,718	4,113	4,613 "
In den Wurzeln:			
Organische Trockensubstanz	1,381	1,274	1,353 "
Asche	0,407	0,539	0,572 "
Trockne Pflanzensubstanz, zusammen	1,788	1,813	1,925 "
Beträgt für die ganze trockne Ernte in Summa	6,506	5,926	6,538 "
Je eine Pflanze enthielt mithin im Durchschnitt in den oberirdischen Teilen:			
Organische Trockensubstanz	0,531	0,459	0,515 "
Asche	0,059	0,055	0,062 "
Trockne Pflanzensubstanz, zusammen	0,590	0,514	0,577 "
In den Wurzeln:			
Organische Trockensubstanz	0,172	0,160	0,169 "
Asche	0,051	0,067	0,071 "
Trockne Pflanzensubstanz, zusammen	0,223	0,227	0,240 "
Je eine Pflanze wog durchschnittlich trocken	0,813	0,741	0,817 "
Die trockne Pflanze = 100 gesetzt, betragen			
die oberirdischen Teile	72,5	69,4	70,5
Die Wurzeln	27,5	30,6	29,5
Die Asche betrug Prozent der Trockensubstanz			
in den oberirdischen Teilen	9,98	10,70	10,75
In den Wurzeln	22,7	29,7	29,7
In der ganzen Pflanze	13,5	16,5	16,3

Die Ernte der letzten drei Kulturgefäße erfolgte, als die Pflanzen vollständig ausgereift waren, und ergab:

Laufende Versuchs- nummer	Spezifisches Gewicht der ausgesäeten Samen	Zahl der geernteten		Länge vom Boden bis zur Grannenspitze						Zahl der Körner
		Pflanzen	Ähren	ährentragende Halme	Haupthalme	im Durchschnitt		Körner		
			unfrucht- baren Triebe	von—bis cm	in Sa. cm	von—bis cm	in Sa. cm		von—bis cm	in Sa. cm
83.	1,255	8	10	6	51—92	713	60—92	657	82	174
84.	1,205	8	9	6	56—89	714	73—89	658	82	215
85.	1,150	8	10	4	63—83	753	71—83	626	79	228

Laufende Versuchs- nummer	Spezifisches Gewicht der ausgesäeten Körner	Trockengewicht der Ernte	
		Stroh	Körner
83.	1,255	mg	mg
		6188	6490
84.	1,205	5988	6275
85.	1,150	6374	6664
			12 678
			12 263
			13 038

Unsere Versuche über den Einfluß des spezifischen Gewichtes wurden von entschiedenem Unglücke verfolgt; dennoch glauben wir, daß man, wenn man alles über die 15 (resp. 18) Versuchsnummern Gegebene zusammenfaßt, berechtigt ist, den Schluß zu ziehen, daß das spezifische Gewicht des Samens einen bedeutenderen Einfluß auf die Stärke- und Größenverhältnisse der daraus hervorgehenden Pflanze nicht ausübt, und zwar weder in den späteren Entwicklungsepochen, noch in dem Keimleben derselben.

Der praktische Grundsatz, immer die besten Körner zur Saat zu nehmen, wird hierdurch nicht tangiert.

Bei den komparativen Ernährungsversuchen des Agrikulturchemikers würde hiernach wohl kein besonderer Nachteil zu befürchten sein, wenn auf das spezifische Gewicht des Saatmaterials nicht ausdrücklich Obacht genommen wird. Wenn wir bei allen unseren Versuchen auch in der Folgezeit trotzdem immer nur Samen von annähernd gleicher spezifischer Schwere benutzten, so thaten wir dies, weil wir glaubten, daß etwas zu viel Vorsicht weniger schade, als etwas zu wenig, um so mehr da, wo dieselbe eine so geringe Mühe und Arbeit mehr bedingt, wie die Scheidung einiger Körnerportionen nach ihrem spezifischen Gewichte.

Zur Entscheidung der Frage, ob eine Pflanze, die aus spezifisch schwererem Samen erwachsen ist, mehr geneigt sei, kräftige und schwere Körner zu erzeugen, als eine aus spezifisch leichterem Samen erwachsene, wenn sie auch sonst nicht mehr Masse produziert, genügen die vorliegenden Versuche offenbar nicht. Es will aber scheinen, als ob eine solche Neigung nicht ohne Weiteres zu leugnen sei; denn unsere reif gewordenen Versuchspflanzen hatten produziert:

Laufende Versuchs- nummer	Spezifisches Gewicht der Aussaart	Zahl der produzierten Samen	Trocken- gewicht derselben mg	Je ein Korn wog trocken im Durchschnitt mg
71.	1,255	144	3763	28,1
72.	1,255	138	3584	26,0
73.	1,255	156	4098	26,3
Mittel.	1,255	143	3815	26,7
74.	1,205	151	4368	28,9
75.	1,205	170	4853	28,5
76.	1,205	155	3895	25,1
Mittel.	1,205	159	4372	27,5

Laufende Versuchs- nummer	Spezifisches Gewicht der Aussaat	Zahl der produzierten Samen	Trocken-	
			gewicht derselben	Je ein Korn wog trocken im Durchschnitt
			mg	mg
77.	1,150	163	3965	24,3
78.	1,150	129	2782	21,6
79.	1,150	156	3505	22,2
Mittel.	1,150	149	3417	23,0
<hr/>				
83.	1,256	174	6490	37,3
84.	1,205	215	6275	29,2
85.	1,150	228	6664	29,2

Damit man aber nicht in Gefahr kommt, den Zahlen einen höheren Wert beizulegen, als sie in der That haben, ist es noch nötig anzuführen, daß das hohe Durchschnittsgewicht der Körner von Versuchsnummer 83 dadurch an Beweiskraft verliert, daß sich allein hier durch einen unglücklichen Zufall zwei Pflanzen von *Hordeum distichon* eingeschlichen hatten, während in allen anderen Nummern nur *Hordeum vulgare* stand, und die zweizeilige Gerste erzeugt bekanntlich der Zahl nach etwas weniger, dafür aber etwas größere Körner, als die sogenannte „kleine Gerste“. Wir hatten hier das ursprüngliche Saatmaterial dem Markte entnommen, statt es richtiger aus ausgelesenen Ähren selbst auszuklopfen.

Die Frage verdiente vielleicht noch weiter erörtert zu werden. Wir hatten anfänglich die Absicht, dieselbe selber noch etwas sorgfältiger zu verfolgen, fanden aber nicht die Gelegenheit, während der nächsten Jahre ein paar neue darauf bezügliche Versuchsreihen in den übrigen Versuchsplan einzuschieben.

Zweites Kapitel.

Einfluß des Reifestadiums auf Keimfähigkeit und Produktionskraft der Getreidesamen. — Wirkung des sogenannten Nachreifens.

Die absolut und spezifisch schwersten Samen werden aller Wahrscheinlichkeit nach immer diejenigen sein, welche an der Mutterpflanze den höchsten Grad ihrer natürlichen Reife erlangen konnten, und aus dieser Annahme würde sich für den praktischen Landwirt eo ipso die Forderung ableiten, schon vorsichtshalber nur ganz vollkommen entwickelte, d. h. womöglich nur totreife Körner zur Aussaat zu verwenden.

Dieser Forderung aber stellen sich verschiedene Schwierigkeiten entgegen.

In der landwirtschaftlichen Praxis erlaubt oft die Rücksicht auf die notwendige Verteilung der Arbeit nicht, bis zu dem äußersten Reifestadium der Körner mit der Ernte zu warten; auf ein und demselben Felde reifen die einzelnen Pflanzen oder Halme unter Umständen sehr ungleich; gewisse Pflanzenarten, besonders aus der Gattung der Leguminosen, müssen, um einen zu starken Verlust von Samen durch Ausfall zu vermeiden, schon längere Zeit vor der vollendeten Stammreife geschnitten werden — kurz es werden in der landwirtschaftlichen Praxis thatsächlich stets Samen von sehr verschiedenen Reifegraden geerntet.

Auf die letzte Ausbildung der unvollständig gereiften Körner muß man hierbei entweder verzichten, oder man muß dieselbe von dem Nachreifen im Stroh erwarten. Daß diese Nachreife noch eine bedeutende Wirkung hat, zeigen z. B. unreif geerntete Erbsen, Bohnen oder Lupinen sehr sichtlich. Unter anderem führt auch Boussingault gelegentlich an, er habe gesehen, wie eine Haferpflanze, die in der Blüte ausgehoben und dann mit den Wurzelenden in destilliertes Wasser gestellt wurde, kleine Mengen Körner von guter Beschaffenheit bildete.

Hiernach dürfte es praktisch ebenso erwünscht, wie wissenschaftlich interessant sein, durch den Versuch bestimmt festzustellen, bis zu welchem Grade das Reifestadium die Keimfähigkeit und die Produktionskraft eines Samens einerseits beeinflussen und in wie weit andererseits die sogenannte Nachreife das vollständige Ausreifen des Korns an der lebenden Pflanze ersetzen kann.

Mögen deshalb die nachstehenden Versuche, sei es auch nur als Anregung zu einer vollkommeneren Arbeit über diesen Gegenstand hier anhangsweise mit Platz finden.

Im Jahre 1860 wurde von einem gut bestandenen Felde der Domäne Dahme Roggen in fünf verschiedenen Perioden der Reife geerntet. (Man trug dabei natürlich Sorge, immer nur Pflanzen von gleicher Entwicklungsstufe auszuwählen.)

Periode I. wurde geschnitten am 26. Juni. Körner und Stroh waren noch vollständig grün, erstere noch sehr klein und der Zellsaft derselben noch wässerig und klar.

Periode II. geerntet am 3. Juli. Stroh noch grün, die Körner schon tüchtig gewachsen, der Saft darin milchig.

Periode III. geschnitten am 10. Juli. Das Stroh begann sich gelb zu färben, die Körner waren schon voll Stärke, aber noch grün und sehr weich.

Periode IV. Ernte am 18. Juli. Stroh gelb und ziemlich trocken, Körner fest. Der Zellsaft ist in denselben verschwunden. (Landwirtschaftlich: Gelbreife.)

Periode V. Stroh und Körner trocken, letztere sehr leicht zum Ausfallen geneigt. (Landwirtschaftlich: Überreife, Totreife.)

Die Ernte einer jeden Periode wurde in vier getrennten Portionen bewirkt und zwar wurden bei der ersten Portion die Körner sofort von der Mutterpflanze sorgfältig getrennt — die Samen waren also von diesem Augenblicke an hier ganz auf sich selbst angewiesen, ein nachträglicher Übergang von Nährstoffen aus den übrigen Teilen der Pflanze in dieselben war unmöglich, ein Nachreifen also ausgeschlossen.

Bei der zweiten Portion wurden die Ähren abgeschnitten und in Bündeln bis auf Weiteres aufbewahrt — die Samen konnten also hier aus Spelzen und Spindeln Nährstoffe aufnehmen — beschränkte Nachreife.

Bei der dritten Portion wurden die Halme einige Zoll über

der Bodenoberfläche abgeschnitten, so wie dies in der Praxis beim Mähen geschieht, und blieben dann in der Form einer Garbe liegen. Die Samen dieser Periode befanden sich also, was die Möglichkeit des Nachreifens anlangt, ganz in denselben Verhältnissen wie in dem gewöhnlichen landwirtschaftlichen Betriebe.

Bei der vierten Portion endlich bemühte man sich gleich bei der Ernte, die Wurzeln mit auszuheben, soweit dies irgend thunlich war. Diese wurden zunächst ungestört mit der übrigen Pflanze in Verbindung gelassen und in ein Gefäß mit destilliertem Wasser gestellt. — Man wollte hier dem nachträglichen Übergange von Nährstoffen in die Körner, mit anderen Worten also der Nachreife die denkbar günstigsten Bedingungen stellen.

In dieser Verfassung liefs man die gesamte Ernte bis gegen Ende September. Dann wurden auch die übrigen Portionen ausgekörnt und in den ersten Tagen des Oktober zur Ansaat benutzt.

Man säete zur Prüfung der Keimkraft zunächst von jeder Abteilung je 100 Körner in passenden Kulturgefäßen aus und brachte außerdem, um die weitere Entwicklung unter gewöhnlichen Verhältnissen beobachten zu können, von jeder Abteilung noch je 60 Samen ins freie Land.

Und da man damals schon über den Einfluß der Bodenqualität bei diesbezüglichen Versuchen Erfahrungen gesammelt hatte, so brauchte man schliesslich noch die Vorsicht, sämtliche Versuche doppelt und zwar einmal in reichem Gartenlande, das andere Mal in armem märkischen Sandboden (vergl. das bei den Versuchsnummern 1 bis 24 Gesagte) in Gang zu setzen.

Die am frühesten geernteten Samen waren winzig klein und noch die aus der dritten Reifeperiode stammenden merklich zusammengeschrumpft. Eine Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichts der Körner unmittelbar vor der Aussaat ergab folgende Zahlen:

Die Samen waren	Absolutes Gewicht von 100 lufttrocknen Körnern aus den Reifeperioden				
	I.	II.	III.	IV.	V.
	mg	mg	mg	mg	mg
a. Gleich bei der Ernte ausgekörnt	1043	1466	1837	2029	2223
b. In den Ähren aufbewahrt	1058	1483	1851	2030	2225
c. In Zusammenhang mit dem Stroh gelassen	1131	1493	1862	2030	2228
d. Pflanzen mit den Wurzeln ausgegraben . .	1379	1544	2022	2107	2233

Die Samen unserer ersten Reifeperiode hatten also noch nicht die Hälfte, die der zweiten kaum zwei Drittel ihrer normalen Ausbildung erlangt. Durch den Prozess der Nachreife waren ihnen noch eine bemerkbare Menge von Nährstoffen zugeführt, die dadurch bewirkte Weiterbildung hatte aber nicht entfernt den Effekt der natürlichen Stammreife erreicht.

Die Samen waren	Spezif. Gewicht der lufttrocknen Körner aus den Reifeperioden				
	I.	II.	III.	IV.	V.
	mg	mg	mg	mg	mg
a. Gleich bei der Ernte ausgekörnt	1,165	1,260	1,260	1,280	1,290
b. In den Ähren aufbewahrt	1,165	1,270	1,280	1,290	1,290
c. In Zusammenhang mit dem Stroh gelassen	1,165	1,260	1,270	1,290	1,290
d. Pflanzen mit den Wurzeln ausgegraben . .	1,230	1,270	1,280	1,290	1,300

Das Verhalten der Körner war:

Erste Versuchsreihe.

Die Körner gleich bei der Ernte ausgeklaut und für sich aufbewahrt, ein Nachreifen also unmöglich gemacht.

a. In den Kulturgefäßen.

Laufende Versuchsnummern	Es keimten von 100 Körnern		in armem Sandboden	in reichem Gartenboden	im Mittel
	der Reifeperiode	geerntet am			
86 u. 87.	I.	26. Juni	6	3	4,5
88 u. 89.	II.	3. Juli	4	6	5
90 u. 91.	III.	10. Juli	13	6	9,5
92 u. 93.	IV.	18. Juli	37	35	36
94 u. 95.	V.	30. Juli	95	73	84

Die jungen Pflänzchen der verschiedenen Versuchsnummern zeigten gleich bei ihrem Erscheinen und in ihrer frühesten Entwicklung höchst auffallende Unterschiede, und zwar waren die aus überreif gewordenen Samen entstandenen entschieden die stärksten und kräftigsten, während die übrigen genau in dem Maße kleiner und schwächer waren, als der Same, dem sie entstammten, vor vollendeter Reife geerntet worden war.

Die Pflänzchen wurden im Glashause überwintert. Im Frühlinge des nächsten Jahres bestanden diese Unterschiede bei den im Sandboden stehenden Pflanzen fast noch unvermindert fort, während sie

sich bei den in Gartenboden gebauten zu verwischen anfangen. Immerhin waren sie aber auch hier noch deutlich genug, um zu einer Messung aufzufordern. Man fand die durchschnittliche Länge der Pflanzen, von der Bodenoberfläche bis zur Spitze des längsten Blattes gemessen:

Laufende Versuchs- nummern	Pflanzen von Samen aus der Reifeperiode	In armem Sandboden			In reichem Gartenboden	
		am 20. März		am 7. März		am 20. März
		cm		cm		cm
86 u. 87.	I.	3 $\frac{1}{4}$		5 $\frac{3}{4}$		8
88 u. 89.	II.	4		4		6
90 u. 91.	III.	4		6		6 $\frac{1}{2}$
92 u. 93.	IV.	5		6 $\frac{1}{4}$		9 $\frac{1}{2}$
94 u. 95.	V.	6		6 $\frac{3}{4}$		10 $\frac{1}{4}$

b. Im freien Lande.

Keimen und Wachstum verliefen ganz in derselben Weise, wie in den Kulturgefäßen, d. h., je unreifer die benutzten Samen waren, desto weniger gelangten davon überhaupt zur Entwicklung und desto schwächere Keimpflanzen lieferten sie.

Auf dem Sandboden erhielten sich diese Unterschiede fast in ihrer ganzen Schärfe bis an das Lebensende der Versuchspflanzen, auf dem Gartenboden verwischten sie sich im Verlaufe der Vegetation vollkommen.

Schließlich wurde geerntet von je 60 Körnern Aussaat:

(Tabelle a. f. Seite.)

Wie unvollkommen die Versuche auch sind, so lassen sie doch einige Schlüsse mit Sicherheit zu. Zunächst beweisen sie bestimmt, daß die Keimkraft der Getreidesamen in ihren frühesten Entwicklungsstadien eine sehr geringe ist, daß sie mit dem Grade der Ausbildung, den jene an der Mutterpflanze erlangen, wächst, und daß sie erst mit dem Stadium der vollsten Reife am höchsten wird.

Ja es erscheint uns noch zweifelhaft, ob die unreifen Körner der ersten beiden Reifeperioden unseres Versuchs überhaupt keimfähig waren.

Die sämtlichen Körner einer Ähre entwickeln sich nicht genau zu gleicher Zeit und es dürfte immer noch fraglich bleiben, ob die wenigen Samen, welche aus unserer ersten und zweiten Periode zur Keimung gelangten, nicht nur einige solche in der Entwicklung vorausgeeilte Samen waren.

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifeperiode	Auf armem Sandboden				Auf reichem Gartenboden			
		Zahl der zur Entwickel- ung gekommenen Pflanzen	Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g	Zahl der zur Entwickel- ung gekommenen Pflanzen	Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g
96 und 97.	I.	2	0,1	2,9	3	4	33	64	97
98 "	II.	4	0,4	4,6	5	1	4	9	13
100 "	III.	4	0,7	7,3	8	7	26	60	86
102 "	IV.	21	20,5	61,5	82	22	133	237	370
104 "	V.	44	52,2	137,8	190	56	257	538	795

Hieraus berechnet sich als Ertrag für je eine Pflanz im Durchschnitt:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifeperiode	Auf armem Sandboden			Auf reichem Gartenboden		
		Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g	Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g
96 und 97.	I.	0,05	1,45	1,50	8,25	16,00	24,25*)
98 "	II.	0,10	1,15	1,25	4,00	9,00	13,00
100 "	III.	0,18	1,82	2,00	3,80	8,50	12,30
102 "	IV.	0,98	2,83	3,81	6,04	10,80	16,84
104 "	V.	1,19	3,13	4,32	4,60	9,61	14,21

*) Die Pflanzen von Versuchsnummer 97 im Gartenboden hatten sich ungewöhnlich reich bestockt und ist dies sowie ihr auffallend hoher Ertrag wohl nur ihrer begünstigten Stellung am Rande des Versuchsbeetes zuzuschreiben.

Jedenfalls bleibt sehr bemerkenswert, daß selbst von den Körnern der IV. Periode, welche bei der Ernte schon ziemlich fest und trocken waren, nur ein verhältnißmäßig so geringer Prozentsatz zur Entwicklung gelangte.

Weiter bestätigen die Versuche sehr deutlich die schon oben bei der Behandlung des Einflusses, den das absolute Gewicht des Samens auf die Entwicklung der daraus erzeugten Pflanze hat, besprochenen Sätze, daß je schwächer und unvollkommener ein Same, desto geringer und dürrtiger auch die aus ihm hervorgegangene Keimpflanze ist, — und daß dieser nachteilige Einfluß eines schwächlichen Samens wohl durch nachfolgende in allen Beziehungen günstige Ernährungsverhältnisse wieder ausgeglichen werden kann, beim Fehlen dieser letzteren aber sich bis zum Lebensende der Pflanze geltend macht und bei unseren Kulturgewächsen noch in den Ernteerträgen seinen Ausdruck findet.

Für den praktischen Landwirt sei nochmals erwähnt, daß sich diese Resultate nur auf Körner beziehen, die in verschiedenen Reifezuständen von der Mutterpflanze getrennt wurden und denen mithin jede Möglichkeit eines Nachreifens entzogen worden war.

Wie diese Verhältnisse durch das Nachreifen geändert werden, zeigen die nachstehenden, mit der ersten parallelen Versuchsreihen.

Zweite Versuchsreihe.

Die Körner waren in den Ähren mit dem Stroh in Zusammenhange gelassen und erst kurz vor der Aussaat ausgedroschen worden. Ein Nachreifen war hier also möglich; die Aufbewahrungsart ganz der in der landwirtschaftlichen Praxis üblichen gleich. Die hier erlangten Resultate waren:

Laufende Versuchs- nummern	Es keimten von 100 Körnern		In armem Sand- boden	In reichem Garten- boden	Im Mittel
	der Reife- periode	geerntet am			
106 und 107.	I.	26. Juni	70	85	77,5
108 „ 109.	II.	3. Juli	70	85	77,5
110 „ 111.	III.	10. Juli	71	86	78,5
112 „ 113.	IV.	18. Juli	27	50	38,5
114 „ 115.	V.	30. Juli	92	84	88

Gelegentlich der wie bei der ersten Versuchsreihe vorgenommenen Messung wurde die durchschnittliche Länge der Versuchspflanzen gefunden:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifeperiode	Auf Sand- boden		
		Auf Gartenboden		
		am 20. März	am 7. März	am 20. März
		cm	cm	cm
106 und 107.	I.	4	6	8
108 „ 109.	II.	4 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{1}{4}$	8 $\frac{3}{4}$
110 „ 111.	III.	5 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{3}{4}$	10
112 „ 113.	IV.	5 $\frac{3}{4}$	7	10 $\frac{1}{2}$
114 „ 115.	V.	6	7	10 $\frac{1}{2}$

(b. Im freien Lande s. f. Seite.)

Es muß hier sofort die bedeutende Einwirkung auffallen, welche das Nachreifen auf die Keimfähigkeit der Samen ausgeübt hat. Selbst von den in der ersten Reifeperiode — d. h. in einem Entwicklungsstadium, in dem sie noch nicht die Hälfte ihrer normalen Ausbildung erlangt haben — geernteten Körnern bringen mehr als drei Viertel ihre Keimpflanze, wenn man sie nach der Ernte noch bis zum freiwilligen Austrocknen in Verbindung mit dem Stroh läßt, während von denselben Körnern, wenn man sie sofort nach der Ernte von der Mutterpflanze trennt und dem Einflusse der Nachreife entzieht, sich kaum der zwanzigste Teil als keimfähig erweist.

Wir versuchen nicht, eine Erklärung für diese Beobachtung zu geben, sie scheint uns aber wert, wiederholt geprüft und weiter verfolgt zu werden.

Viel geringer erweist sich der Einfluß des Nachreifens auf die Stärke und Vollkommenheit der aus den unreifen Samen hervorgehenden Keimpflanzen. Die Pflanzen der zweiten Versuchsreihe sind um ein Weniges kräftiger, die Ernte in derselben ist um ein Weniges höher, als in der ersten — aber auch nur um ein Weniges —, und dies steht auch ganz im Einklange mit den oben mitgeteilten absoluten und spezifischen Gewichten unserer Versuchssamen, welche durchweg nur eine geringe Erhöhung durch den Prozeß des Nachreifens erfahren haben. Man kann eben

b. Im freien Lande:

Von je 60 Körnern Aussaat wurde geerntet:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifepriode	Auf armem Sandboden			Auf reichem Gartenboden				
		Zahl der zur Entwick- lung gekommenen Pflanzen	Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g	Zahl der zur Entwick- lung gekommenen Pflanzen	Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g
116 und 117.	I.	40	3,8	31,2	35	47	164	312	476
118 "	II.	39	20,2	48,8	69	47	227	458	685
120 "	III.	40	39,7	94,3	134	54	252	533	785
122 "	IV.	15	24,1	65,9	90	28	120	260	380
124 "	V.	51	67,2	174,8	242	50	325	550	875

Je eine Pflanze brachte im Durchschnitt:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifepriode	Auf armem Sandboden			Auf reichem Gartenboden		
		Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g	Körner g	Stroh und Spreu g	in Sa. g
116 und 117.	I.	0,10	0,78	0,88	3,49	6,64	10,13
118 "	II.	0,52	1,25	1,77	4,83	9,74	14,57
120 "	III.	0,99	2,36	3,35	4,67	9,87	14,54
122 "	IV.	1,61	4,39	6,00	4,29	9,29	13,58
124 "	V.	1,32	3,43	4,75	6,50	11,00	17,50

auch hier sagen: die Stärke der Keimpflanzen in der zweiten Versuchsreihe stand im Verhältniß zu dem absoluten Gewichte der zur Aussaat benutzten Samen; in armem Boden beherrschten die hieraus resultirenden Unterschiede noch den Ernteertrag, in reichem Boden verschwanden sie während der Vegetation unter dem Einflusse üppiger Nahrungszufuhr.

Dritte Versuchsreihe.

Die Nachreife war beschränkt, eine nachträgliche Aufnahme von Nahrungsstoffen in die Samen nur aus Spelzen und Spindeln möglich. Resultate:

a. In den Kulturgefäßen:

Laufende Versuchs- nummern	Es keimten von 100 Körnern		In armem Sand- boden	In reichem Garten- boden	Im Mittel
	der Reife- periode	geerntet am			
126 u. 127.	I.	26. Juni	80	82	81
128 u. 129.	II.	3. Juli	67	77	72
130 u. 131.	III.	10. Juli	82	82	82
132 u. 133.	IV.	18. Juli	80	88	84
134 u. 135.	V.	30. Juli	72	97	84,5

Die Messung der Pflänzchen im Frühjahre von der Bodenoberfläche bis zur Spitze des längsten Blattes ergab:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifeperiode	In Sandboden	In Gartenboden	
		am 20. März	am 7. März	am 20. März
		cm	cm	cm
126 u. 127.	I.	4	6 $\frac{1}{2}$	8
128 u. 129.	II.	4 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{3}{4}$	9
130 u. 131.	III.	6	6 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$
132 u. 133.	IV.	6	7	10
134 u. 135.	V.	5 $\frac{3}{4}$	7 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{2}$

b. Im freien Lande.

Von je 60 Körnern Aussaat wurde geerntet:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifeperiode	Auf armem Sandboden				Auf reichem Gartenboden			
		Zahl der zur Entwicke- lung gekommenen Pflanzen	Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g	Zahl der zur Entwicke- lung gekommenen Pflanzen	Körner g	Stroh und Spreu g	Sa. g
136 und 137.	I.	43	4,3	20,7	25	47	241	478	719
138 "	II.	39	11,0	41,0	52	45	213	454	667
140 "	III.	48	32,2	102,8	135	47	294	531	825
142 "	IV.	44	53,7	116,3	170	53	333	677	1010
144 "	V.	39	33,6	83,4	117	57	290	590	880

Je eine Pflanze brachte im Durchschnitt:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifeperiode	Auf armem Sandboden				Auf reichem Gartenboden			
		Körner g	Stroh und Spreu g	In Sa. g	Körner g	Stroh und Spreu g	In Sa. g		
136 und 137.	I.	0,10	0,48	0,58	5,13	10,17	15,30		
138 "	II.	0,28	1,05	1,33	4,73	10,09	14,82		
140 "	III.	0,67	2,14	2,81	6,25	11,30	17,55		
142 "	IV.	1,22	2,64	3,86	6,28	12,77	19,05		
144 "	V.	0,86	2,14	3,00	5,09	10,35	15,44		

An den Ergebnissen dieser Versuchsreihe ist bemerkenswert, dafs die Keimfähigkeit der unreifen Samen durch das blofse Verbleiben innerhalb der Ähren und den ungestörten Zusammenhang mit Spindel und Spelzen ebenso gefördert worden ist, wie durch den Zusammenhang mit dem gesamten oberirdischen Teile der Pflanze in der zweiten Versuchsreihe.

Die Stärke der Keimpflanzen und die Produktionskraft derselben zeigte sich hier etwas geringer wie dort.

Vierte Versuchsreihe.

Die Samen im Zusammenhange mit Ähre, Stroh und dem gewinnbaren Teile der Wurzeln gelassen, letztere in Wasser gestellt und so dem nachträglichen Übergange von Nährstoffen aus allen Teilen der Mutterpflanze in die Körner, d. h. dem Nachreifen, die denkbar günstigsten Bedingungen geboten. Resultate:

a. In den Kulturgefäfsen:

Laufende Versuchs- nummern	Es keimten von 100 Körnern		In armem Sand- boden	In reichem Garten- boden	Im Mittel
	der Reife- periode	geerntet am			
146 u. 147.	I.	26. Juni	55	67	61
148 u. 149.	II.	3. Juli	77	48	62,5
150 u. 151.	III.	10. Juli	82	92	87
152 u. 153.	IV.	18. Juli	82	100	91
154 u. 155.	V.	30. Juli	77	92	84,5

Die Messungen im Frühjahre ergaben:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifeperiode	In Sand- boden		In Gartenboden			
		am	20. März	am	7. März	am	20. März
		cm		cm		cm	
146 u. 147.	I.	4		6 $\frac{1}{4}$		8 $\frac{1}{2}$	
148 u. 149.	II.	4 $\frac{1}{2}$		6 $\frac{1}{4}$		9	
150 u. 151.	III.	5 $\frac{1}{2}$		6 $\frac{1}{2}$		10	
152 u. 153.	IV.	5 $\frac{1}{2}$		7 $\frac{3}{4}$		12	
154 u. 155.	V.	6		7 $\frac{1}{4}$		11	

b. Im freien Lande.

Von je 60 Körnern Aussaat wurde geerntet:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifepériode	Auf armem Sandboden			Auf reichem Gartenboden		
		Zahl der zur Entwick- lung gekommenen Pflanzen	Körner g	Stroh und Spreu g	Zahl der zur Entwick- lung gekommenen Pflanzen	Körner g	Stroh und Spreu g
156 und 157.	I.	32	6,7	35,3	39	205	412
158 "	II.	46	25,3	67,7	28	175	378
160 "	III.	49	77,1	175,9	53	322	575
162 "	IV.	47	51,7	120,3	60	300	607
164 "	V.	44	38,4	106,6	55	376	766

in Sa.
g
617
553
897
907
1142

Je eine Pflanze brachte im Durchschnitt:

Laufende Versuchs- nummern	Von Samen aus der Reifepériode	Auf armem Sandboden			Auf reichem Gartenboden		
		Körner g	Stroh u. Spreu g	in Sa. g	Körner g	Stroh u. Spreu g	in Sa. g
156 und 157.	I.	0,21	1,10	1,31	5,26	10,56	15,82
158 "	II.	0,55	1,47	2,02	6,25	13,50	19,75
160 "	III.	1,57	3,59	5,16	6,08	10,85	16,93
162 "	IV.	1,10	2,56	3,66	5,00	10,12	15,12
164 "	V.	0,87	2,42	3,29	6,84	13,93	20,77

Die Zahlen zeigen im Allgemeinen wohl, dafs in dieser Versuchsreihe der Effekt des Nachreifens, welches hier unter noch günstigeren Bedingungen verlief, als in allen übrigen Fällen, in der That auch am höchsten stieg, doch war das dadurch erlangte Übergewicht nur unbedeutend und blieb entschieden hinter den gehegten Erwartungen zurück.

Eine Erklärung für die letztere Beobachtung ist, wie wir meinen, leicht zu finden und liegt in der mangelhaften Anstellung des Versuchs. Bei dem Ausheben des zur vierten Reihe bestimmten Versuchsmaterials war einfach der Spaten benutzt worden. Durch diese Operation aber wurden leichtverständlich nur eine sehr geringe Anzahl Saugwurzeln unverletzt an der Pflanze erhalten, der bei weitem grösste Teil der Wurzeln mußte abgerissen werden und mit den übriggebliebenen alten verholzten Stumpfen die gewünschte spätere Wassereinfuhr in die Pflanze versagen. Die wenigen unverletzt gebliebenen Wurzeln genügten zu diesem Behufe nicht und deshalb geben auch die Resultate der vierten Reihe nicht die angestrebte Lösung der theoretisch interessanten Frage, von welchem Entwicklungsstadium an die Getreidepflanze soviel Stoffe in Form von Reservahrung in Blättern und Halm aufgespeichert enthält, dafs die volle Ausbildung ihrer Samen durch dieselben gesichert ist, von welchem Momente an also die natürliche Stammreife durch das Nachreifen ersetzbar ist. Die Frage ist eben unter Benutzung von Feldpflanzen überhaupt nicht lösbar; am bequemsten wird sie sich entscheiden lassen mit Hülfe von Versuchspflanzen, die durch Wasserkultur erzogen, jeden beliebigen Moment mit vollem unverletztem Wurzelwerk aus einer Nährstofflösung in destilliertes Wasser übertragbar sind.

Das praktische Gesamtergebnis der Versuche würde sich in dem einen Satze zusammenfassen lassen:

Die am Halme totreif gewordenen Samen sind unter allen Umständen die besten und sichersten für die Aussaat.

Je weniger reif die Körner geerntet werden, desto geringer ist ihre Keimkraft und desto schwächer ihre Produktionskraft.

Da die Versuchsbedingungen innerhalb der vier Reihen einerseits und der fünf Reifeperioden andererseits vollkommen gleich waren, so wird es erlaubt sein, die erlangten Zahlenresultate zur größeren Übersichtlichkeit wie folgt zusammenzuziehen (s. Tabelle a. f. S.).

In einem armen Boden treten die Nachteile des unvollkommenen Saatgutes sehr stark auf, weil sie hier nach zwei Richtungen hin gleichartig wirken. Erstens gelangen aus schlechterem Saatgute weniger Pflanzen zur Entwicklung und zweitens bleiben diese wenigeren Pflanzen auch noch bis zu ihrem Lebensende schwächlich.

Auf dem Sandboden lieferte im Durchschnitte aller vier Versuchsreihen je eine Pflanze Ernte:

Aus der Reifeperiode	Körner	Stroh und Spreu	Im Ganzen
	g	g	g
I.	0,127	0,770	0,897
II.	0,445	1,266	1,711
III.	1,062	2,697	3,759
IV.	1,181	2,886	4,047
V.	1,075	2,824	3,899

In einem reichen Boden erscheinen die Nachteile des schlechten Saatgutes viel geringer, sie beschränken sich hier in der Hauptsache darauf, dafs von demselben eine geringe Anzahl Pflanzen zur Ausbildung kommt. Die Pflanzen aber, welche sich emporarbeiten, erreichen, obwohl sie als Keimpflanzen und in ihren ersten Vegetationsstadien entschieden auch viel schwächer sind, als die aus vollkommenen Samen erwachsenen, schliesslich unter dem Einflusse der reichen Bodenkraft, eine volle Ausbildung und vermögen nahezu denselben Ertrag zu geben, wie die von gutem Saatgute stammenden.

Auf dem Gartenboden lieferte im Durchschnitte aller vier Versuchsreihen je eine Pflanze:

Aus der Reifeperiode	Körner	Stroh und Spreu	Im Ganzen
	g	g	g
I.	4,693	9,241	13,934
II.	5,116	10,735	15,851
III.	5,553	10,553	16,106
IV.	5,436	10,926	16,362
V.	5,725	11,211	16,936

Reife- periode	Entwicklungszustand der Samen	die Körner waren	Im Durchschnitt der vier Reihen betrug		Von $4 \times 100 = 400$ Körnern keimten in Sa.	Von $4 \times 60 = 240$ Körnern in Sa. Aussaat im freien Lande		gelangten zur Ent- wicklung Pflanzen	wurde in Sa. geerntet		Körner g	Stroh u. Spreu g	im Ganzen g
			das absol. Gewicht	das spez. Gewicht		Körner g	Stroh u. Spreu g						
		a. in Sandboden:		mg									
I.		sehr klein, Saft wäfrig . . .	1,181	11,52	211	14,9	90,1	117					105
II.		größer, Saft milchig . . .	1,265	14,97	218	56,9	162,1	128					219
III.		voll Stärke, noch weich . . .	1,272	16,43	248	149,7	380,3	141					530
IV.		gelbreif	1,288	20,49	226	150,0	364,0	127					514
V.		totreif	1,293	22,30	336	191,4	502,6	178					694
		b. in Gartenboden:											
I.		sehr klein, Saft wäfrig . . .	1,181	11,52	237	64,3	1266	137					1909
II.		größer, Saft milchig . . .	1,265	14,97	216	619	1299	121					1918
III.		voll Stärke, noch weich . . .	1,272	16,43	266	894	1699	161					2593
IV.		gelbreif	1,288	20,49	273	886	1731	163					2667
V.		totreif	1,293	22,30	346	1248	2444	218					3692

Das Nachreifen der Samen, wenn sie nach der Ernte noch eine Zeit lang mit den übrigen Teilen der Pflanze in Verbindung bleiben, hat einen entschieden günstigen Einfluß.

Fafst man die Erträge aller fünf Reifeperioden zusammen, so waren die Ernteergebnisse:

In der Versuchsreihe	Von 5 × 100 = 500 Samen keimten	Von 5 × 60 = 300 Samen			
		gelangten zur Ent- wicklung	wurden in Sa. geerntet		
			Körner	Stroh u. Spreu	im Ganzen
	in Sa.	in Sa.	g	g	g
a. Auf Sandboden:					
Same gleich ausgekörnt, keine					
Nachreife	155	75	73,9	214,1	288
Nachreife am ganzen Stroh	330	185	155,0	415,0	570
Beschränkte Nachreife in den					
Ähren	381	213	134,8	364,2	499
Unbeschränkte Nachreife mit					
Wasserzufuhr	373	218	199,2	505,8	705
b. Auf Gartenboden:					
Same gleich ausgekörnt, keine					
Nachreife	123	90	453	908	1361.
Nachreife am ganzen Stroh	390	226	1088	2113	3201
Beschränkte Nachreife in den					
Ähren	426	249	1371	2730	4101
Unbeschränkte Nachreife mit					
Wasserzufuhr	399	235	1378	2738	4116

Der günstige Einfluß des Nachreifens spricht sich hauptsächlich in der Beförderung der Keimkraft der Samen aus, weit weniger in der Steigerung der Produktionskraft der aus ihnen erwachsenden Pflanzen.

Von den Samen, denen eine mehr oder weniger günstige Gelegenheit zum Nachreifen gegeben worden war, keimten eine gröfsere Anzahl und wurden mehr Pflanzen zur Entwicklung gefördert, als von denen, welchen die Möglichkeit des Nachreifens gänzlich entzogen war; aber die entwickelten Pflanzen waren von jenen nicht merklich kräftiger, als von diesen.

Im Durchschnitte aller fünf Reifeperioden zusammen lieferte je eine Pflanze Ertrag:

Aus der Versuchsreihe	Körner	Stroh u. Spreu	Im Ganzen
	g	g	g
a. Auf Sandboden:			
Samen gleich ausgekörnt, keine Nachreife . . .	0,985	2,855	3,840
Nachreife am ganzen Strohe	0,838	2,243	3,081
Beschränkte Nachreife in den Ähren	0,633	1,710	2,343
Unbeschränkte Nachreife mit Wasserzufuhr . . .	0,914	2,320	3,234
b. Auf Gartenboden:			
Samen gleich ausgekörnt, keine Nachreife . . .	5,033	10,089	15,122
Nachreife im ganzen Strohe	4,814	9,350	14,164
Beschränkte Nachreife in den Ähren	5,506	10,964	16,470
Unbeschränkte Nachreife mit Wasserzufuhr . . .	5,864	11,651	17,515

Dafs der Effekt des Nachreifens auf die Produktionskraft kein gröfserer ist, kann nicht Wunder nehmen, wenn man erwägt, dafs die Mutterpflanze von dem Momente an, wo sie gemäht ist, oder in derartige Verhältnisse kommt, wie sie in unseren Versuchen statthatten, der Austrocknung unterliegt, dafs die Saftzirkulation in derselben bald aufhören mufs und damit einem nachträglichen Nährstofftransporte bald ein Ziel gesetzt wird.

Anhangsweise sei mit Bezug auf die letztere Bemerkung noch folgenden kleinen Versuchs kurze Erwähnung gethan:

Eine Quantität Roggen wurde vor der völligen Reife gemäht, ein Viertel davon sogleich ausgekörnt und der Rest in einem schattigen kühlen Lokale aufbewahrt, wo die Pflanzen, ohne zu verderben, vor einem schnellen Austrocknen möglichst geschützt waren. Nach acht Tagen wurde das zweite Viertel ausgedroschen, nach 27 Tagen das dritte und nach 50 Tagen endlich das letzte.

Von diesem Roggen wogen bei 100° C. getrocknet je 1000 Körner:

	g	Zunahme gegen 1 in Prozenten
Gleich bei der Ernte ausgekörnt	19,890	—
Nach 8 Tagen ausgekörnt	22,100	11,1
„ 27 „ „	22,240	11,8
„ 50 „ „	22,050	10,9

Der nachträgliche Übergang von Stoffen in die Körner hatte also jedenfalls nach acht Tagen, wahrscheinlich schon früher sein Ende erreicht.

Endlich sei noch bemerkt, daß die oben mitgeteilten Versuche von Herrn Dr. Lucanus durch eine Reihe von Analysen des Versuchsmaterials vervollständigt wurden. Wir unterlassen die dadurch erlangten Resultate selbst auszugsweise hier anzufügen, weil gegen manche der damals benutzten Methoden sich nach dem heutigen Stande des analytischen Wissens Bedenken erheben lassen. Wer sich für die Arbeit spezieller interessiert, findet dieselbe ausführlich in den landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Band IV, S. 147 ff.

Drittes Kapitel.

Einfluss des absoluten und spezifischen Gewichts der Saatknolle auf die Entwicklung der Kartoffelpflanze.

Die Kartoffelknolle ist kein Same, sondern ein unterirdisches Stammstück mit Zweigknospen, dessen Zellen nicht verholzt und mit bedeutenden Massen Reservahrung, insonderheit Stärke, angefüllt sind. Es lassen sich also die für den Einfluss der Samenqualität gefundenen Resultate nicht ohne Weiteres auch auf die Knolle übertragen.

In der landwirtschaftlichen Praxis galt seit längerer Zeit der Lehrsatz als gut begründet, daß nicht die schwersten Kartoffeln, sondern die Knollen mittlerer Größe am vorteilhaftesten als Saatgut zu benutzen sind. Inwieweit dieser Satz auf richtig ausgeführten und richtig interpretierten Versuchen fußte, vermochten wir nicht zu entscheiden, und so gab derselbe Veranlassung, die Forschung über den Einfluss der Qualität des Saatgutes auch auf die Kartoffel auszudehnen.

Wir können gleich die Bemerkung vorausschicken, daß der Satz falsch, daß er wenigstens für viele Fälle nicht richtig ist, wie die nachfolgenden Versuche beweisen mögen.

A. Einfluss der absoluten Schwere der Knolle.

Versuche aus dem Jahre 1865.

Im Auftrage des Königl. Ministeriums für die landwirtschaftlichen Angelegenheiten waren in den Jahren 1863 und 1864 Experimente ausgeführt worden, welche den Einfluss der Entlaubung der Kartoffelpflanze auf die Verbreitung der sogenannten Kartoffelkrankheit und auf den Ertrag zum Gegenstande hatten. Es waren hierbei unter anderen auch eine Anzahl Kartoffelstauden in verschiedenen Reifezuständen geerntet und die davon gewonnenen Knollen zu weiteren Versuchen aufbewahrt worden. Bei der Fortsetzung der Experimente im Jahre 1865 sollten diese Knollen zur Erörterung der Frage dienen, von welchem Reifegrade an dieselben überhaupt als Saatgut tauglich seien, und ob die unvollkommen ausgereiften Saatkartoffeln einen erheblich niedrigeren Ernteertrag geben würden, als die vollständig ausgereiften. Man beschloß nun, mit diesen Versuchen gleich ein Experiment über die in der Überschrift bezeichnete Frage zu verbinden und schlug zu diesem Behufe folgendes Verfahren ein.

Von den reservierten ungleich reif gewordenen Saatknohlen waren je 52 Stück zur Aussaat bestimmt. Von jeder dieser Portionen nun wurden die größten Knollen (26 Stück) mit Hülfe der Wage ausgeschieden und in einer Reihe ausgelegt, während die 26 kleinsten auf einer daneben liegenden Reihe plaziert wurden. Das Versuchsfeldchen war demnach in folgender Weise beschiekt:

Laufende Versuchs- nummer	Zahl der Satz- stellen	Gewicht der 26 Saatknohlen		
		in Sa.	im Durchschnitt pro Stück	
		g	g	
166.}	Unreif geerntete Knollen	{26	1123	43
167.}		{26	731	28
168.}	Fast reif geerntete Knollen	{26	1738	66
169.}		{26	914	35
170.}	Vollständig reif gewordene Knollen	{26	1787	69
171.}		{26	867	33

Die Saatknohlen gehörten der roten Wahlsdorfer Sorte an, einer blaßroten, weißfleischigen, runden, gewöhnlich etwas platt gedrückten Kartoffel, welche Ähnlichkeit mit der echten sächsischen Zwiebel-

kartoffel hat. Als Versuchsfeld diente eine Parzelle in dem Garten der Versuchsstation mit dem schon öfter erwähnten leichten, sehr humosen, in starker Kraft befindlichen Boden, die aber mehrere Jahre nicht gedüngt worden war. Die Saatkartoffeln wurden am 20. Mai nach dem Spaten in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Fufs nach jeder Seite hin ausgelegt und nach Erfordernis behackt.

Die Pflanzen entwickelten sich üppig. Das sehr starke und lange Kraut war noch anfangs Oktober vollständig grün, erfror aber in der Nacht vom 6. zum 7. desselben Monats gänzlich und so wurde zur Ernte geschritten. Man erhielt:

Von der Versuchs- nummer	Deren Saatkno- llen pro Stück durch- schnittlich gewogen hatten	Knollen in Sa.	Knollen in Sa.	D. i. durchschnittlich pro Pflanze	
				Knollen	Knollen
				Stück	g
166.	43	486	12 441	19	479
167.	28	305	8 630	12	332
168.	66	593	16 077	23	618
169.	35	386	12 462	15	479
170.	69	567	19 365	22	745
171.	33	361	12 991	14	500

Der Erntegewinn war demnach selbst nach Abzug der Aussaat von den gröfseren Saatkartoffeln um 25 bis 50 Proz. höher als von den kleineren und dieser über Erwartung bedeutende Unterschied veranlafste die erweiterte Wiederholung der Versuche in den nächsten Jahren.

Versuche aus dem Jahre 1866.

Eine gröfsere Quantität gesunder Knollen der roten Wahlsdorfer Sorte wurde in sechs Portionen von verschiedener Gröfse geteilt und von jeder Portion das durchschnittliche Gewicht einer Knolle bestimmt. Es wogen:

Von Portion I.	25 Knollen	3060 g,	also je eine Knolle im Durchschnitt	122 g
" "	II. 50	4845	" " " " " "	97 "
" "	III. 50	3060	" " " " " "	61 "
" "	IV. 75	3090	" " " " " "	41 "
" "	V. 75	2375	" " " " " "	32 "
" "	VI. 75	1260	" " " " " "	17 "

Außerdem wurden von Portion II. und III. eine Anzahl Knollen durch Zerschneiden von oben nach unten halbirt. Diese Knollenhälften wogen:

Von Portion II.	26 Stück	1245 g,	also je eine halbe Knolle durchschnittlich	48 g
"	"	III. 25 "	650 " " " " " "	" 26 "

Dieses Saatgut wurde am 25. Mai in parallelen Reihen zu je 25 Satzstellen auf einem Stückchen Gartenland ausgelegt, welches durch vorhergegangenen Gemüsebau stark erschöpft war und zu den Versuchen nicht besonders gedüngt wurde. Die Entfernung von Pflanze zu Pflanze wurde wieder nach beiden Seiten auf $1\frac{1}{2}$ Fuß normiert.

Die Vegetation der Kartoffeln war anfangs ganz erwünscht; später aber beeinträchtigte anhaltende Trockenheit (August, September, Oktober) die Ausbildung der Knollen.

Am 29. Oktober wurden geerntet:

Von der Versuchs- nummer	Deren Saatknohlen pro Stück durchschnittlich gewogen hatten g	Von je 25 Pflanzen			Das macht im Mittel		
		Knollen in Sa. Stück	Knollen in Sa. g	spezifisches Gewicht der Ernte	Knollen Stück	Knollen g	spezifisches Gewicht
172.	17	203	2 780	1,096	187	3 470	1,108
173.	17	171	4 160	1,109	...	...	...
174.	32	245	4 700	1,102	250	5 470	1,105
175.	32	254	6 240	1,107	...	...	...
176.	41	271	5 480	1,105	260	5 605	1,103
177.	41	248	5 730	1,100	...	...	...
178.	61	322	6 400	1,095	322	6 400	1,095
179.	97	272	8 880	1,109	290	10 455	1,114
180.	97	307	11 830	1,119	...	...	...
181.	122	398	10 370	1,119	398	10 370	1,119
182.	26 (halbe Knollen)	195	4 660	1,105	195	4 660	1,105
183.	48 (halbe Knollen)	167	5 550	1,117	167	5 550	1,117

Daraus berechnet sich als Durchschnittsernte für je eine Pflanze:

Laufende Versuchs- nummer	Gewicht der Saatknolle g	Geerntet im Durchschnitt pro Pflanze Knollen Stück	Durchschnittliches Gewicht der Knollen g *)	Spezifisches Gewicht	Im Mittel der Kontrollreihen		
					pro Pflanze Knollen	Durchschnitts- gewicht der Knollen g	spezifisches Gewicht
172.	17	8	13,7	1,096	8	19,0	1,103
173.	17	7	24,3	1,109	8	19,0	1,103
174.	32	10	19,2	1,102	10	21,9	1,105
175.	32	10	24,6	1,107	10	21,9	1,105
176.	41	11	20,2	1,105	11	21,7	1,103
177.	41	10	23,1	1,100	11	21,7	1,103
178.	61	13	19,9	1,095	13	19,9	1,095
179.	97	11	32,6	1,109	12	35,5	1,114
180.	97	12	38,5	1,119	12	35,5	1,114
181.	122	16	26,1	1,119	16	26,1	1,119
182.	26	8	23,9	1,105	8	23,9	1,105
183.	48	7	32,9	1,117	7	32,9	1,117

*) Bei der Ernte wurden alle, auch die kleinsten Knollen und Knöllchen mit aufgenommen und mit gezählt. Hieraus erklärt sich das sonst vielleicht auffällig geringe Durchschnittsgewicht der geernteten Knollen.

Das Resultat der Versuche vom Jahre 1866 bestätigt vollkommen die im Vorjahre gemachten Erfahrungen. Größere Saatkollen lieferten wiederum eine ansehnlich bessere Ernte als kleine, und zwar lieferten sie im Durchschnitt pro Pflanze mehr Knollen, größere Knollen und Knollen von höherem spezifischen Gewichte — d. h. also besser ausgebildete Knollen.

Besonders interessant war das Verhalten der halbierten Saatkollen.

Nach den vorstehend detailliert mitgetheilten Ernteresultaten lieferten:

Versuchsnummer	Aussaat		Ernte		Es gab mithin je eine Pflanze an Knollen	Je eine Knolle wog durchschnittlich	Das spez. Gewicht der Knollen betrug
	belegt mit Knollen	von Gewicht	Knollen	Knollen			
		g	Stück	g	Stück	g	
178.	ganzen	61	322	6 400	13	19,9	1,095
182.	halben	26	195	4 660	8	23,9	1,105
172. 173. 174 u. 175 im Durchschnit	ganzen	25	218	4 470	9	20,5	1,104
und ferner:							
179 u. 180 im Durchschnit	ganzen	97	290	10 455	12	35,5	1,114
183.	halben	48	167	5 550	7	32,9	1,117
176 u. 177 im Durchschnit	ganzen	41	260	5 605	11	21,7	1,103

Von ganzen Saatkollen wurde also in beiden Fällen bedeutend mehr geerntet, als von den Hälften derselben und zwar erhielt man von den halben Saatkollen fast genau denselben Ertrag, wie von solchen ganzen Saatkollen, welche das gleiche Gewicht hatten wie diese Hälften.

Das Resultat mußte überraschen und es wurde sofort beschlossen, dasselbe im nächsten Jahre einer weiteren experimentalen Prüfung zu unterziehen, jedoch mit einer neuen Variation in der Anlage des Versuchs.

Wenn nämlich eine kleinere ganze Saatkartoffel ungefähr eben so viel Ertrag lieferte, wie die Hälfte einer gröfseren, genau doppelt so schweren Knolle, so lag die Frage sehr nahe, ob man etwa unter denselben Versuchsbedingungen ebenfalls auf ungefähr gleiche Erträge hoffen könne, wenn man in einem Falle zwei, drei oder vier kleine Kartoffeln und im anderen eine einzige grofse Saatkartoffel in eine Pflanzstelle legte, — vorausgesetzt nur, dafs diese eine grofse Kartoffel eben so viel wog, wie jene zwei, drei oder vier kleinen zusammengenommen.

Die nähere Beschreibung dieses Experimentes sowie der dabei erhaltenen Resultate mag sofort folgen.

Versuche aus dem Jahre 1867.

Eine Quantität rote Wahlsdorfer Kartoffeln wurde wiederum der Gröfse nach in sechs Portionen geteilt und zwar in:

Portion	Knollen zwischen		Davon wogen		Mithin wog je eine Knolle im Durchschnitt
	90 u. 110 g	Gewicht	21 Stück in Sa.	2 160 g	
I.	90	90	125	9 010	72
II.	60	90	250	12 492	50
III.	40	60	300	10 250	34
IV.	30	40	210	5 520	26
V.	20	30	140	2 190	16
VI.	unter 20	„	„	„	„

Diese Kartoffeln wurden am 25. Mai in zweimal 11 Reihen von je 21 Satzstellen in folgender Art ausgelegt:

Es wurde gegeben in jede Satzstelle der

Versuchsnummer	184.	je 1 Knolle von	Portion VI.,	d. i. in Sa.	16 g Saatgut,
185.	1	„	„	V.,	26
186.	1	„	„	IV.,	34
187.	1	„	„	III.,	50
188.	1	„	„	II.,	72
189.	1	„	„	I.,	103
190.	1	„	„	III.,	50
191.	2	„	„	III.,	$2 \times 50 = 100$
192.	3	„	„	IV.,	$3 \times 34 = 102$
193.	4	„	„	V.,	$4 \times 26 = 104$
194.	6	„	„	VI.,	$6 \times 16 = 96$
195.	2	„	„	II.,	$2 \times 72 = 144$

Versuchsnummer	196. je 3 Knollen von Portion	III., d. i.	$3 \times 50 = 150$ g	Saatgut,
"	197. " 4	" " "	IV., "	$4 \times 34 = 136$ " "
"	198. " 2	" " "	V., "	$2 \times 26 = 52$ " "
"	199. " 1	" " "	II., "	in Sa. 72 " "
"	200. " 2	" " "	IV., "	$2 \times 34 = 68$ " "
"	201. " 3	" " "	V., "	$3 \times 26 = 78$ " "
"	202. " 1	" " "	II., "	in Sa. 72 " "
"	203. " 1	" " "	II., "	" " 72 " "
"	204. " 1	" " "	III., "	" " 50 " "
"	205. " 1	" " "	III., "	" " 50 " "

Boden und Bestellungsweise waren dieselben wie im Jahre 1866; ebenso wurde zu den Versuchen nicht gedüngt.

Die Vegetation der Kartoffeln war anfangs gut und vielversprechend; da aber im August und September wieder anhaltend trocknes Wetter eintrat, so blieb auch in diesem Jahre der Knollenertrag hinter den gehegten Erwartungen zurück.

Da das Kraut schon Anfang September vollständig abgestorben war, so wurde am 28. September die Ernte vorgenommen und zwar mit folgendem Resultate:

Laufende Versuchs- nummer	21 Stöcke gaben einen Knollenertrag von		Je eine Pflanze lieferte mithin im Durchschnitt an Knollen		Je eine Knolle wog im Durch- schnitt
	Stück	g	Stück	g	
184. *)	222	4 710	11	224	21,2
185.	215	4 175	10	199	19,4
186.	180	4 510	9	215	25,1
187.	220	5 360	10	255	24,4
188.	203	5 880	10	280	29,0
189.	278	8 670	13	413	31,2
190.	204	6 355	10	303	32,7
191.	308	8 435	15	402	27,4
192.	332	7 075	16	337	21,3
193.	302	7 070	14	337	23,4
194. *)	452	9 790	21	466	22,7
195. *)	405	12 070	19	575	29,8
196.	438	11 580	21	551	26,4
197.	420	10 215	20	487	24,3
198.	244	5 545	12	264	22,7
199.	268	8 080	13	385	30,2
200.	295	7 725	14	368	26,2
201.	322	7 305	15	348	22,7
202.	248	6 875	12	327	27,7
203.	281	7 035	13	335	25,0
204.	207	5 870	10	280	28,4
205. *)	263	7 820	13	372	29,7

*) Die Nummern 184, 194, 195 und 205 lagen am Rande des Versuchsfeldchens, grenzten unmittelbar an gedüngtes Land und waren dadurch den anderen Nummern gegenüber begünstigt.

Zunächst konstatieren wir aus diesen Ernteresultaten, dafs auch im Jahre 1867 wie in den beiden Vorjahren von den gröfseren Saatkartoffeln immer ein höherer Ertrag erzielt wurde, als von den kleineren; denn es gaben die mit je einer SaatknoUe pro Satzstelle belegten Nummern und zwar:

Versuchs- nummer	Gewicht		Dieselbe im Durchschnitte
	der Saatkartoffel	Knollenernte	
	g	g	g
184.	16	4710	4710
185.	26	4175	4175
186.	34	4510	4510
187.	50	5360	6430
190.	50	6675	
204.	50	5870	
205.	50	7320	
188.	72	5880	
199.	72	8080	6970
202.	72	6875	
203.	72	7035	
189.	103	8670	8670

Sodann vergleichen wir die Erträge, die uns mehrere auf eine Satzstelle verwendete Kartoffeln brachten, mit den von einzeln gelegten SaatknoUen erzielten und finden einerseits:

Versuchsnummer	Belegt pro Satzstelle mit			Knollen- ertrag
	Saat- knoUen	welche ein Durch- schnittsgewicht hatten von à		
		Saatgut in Sa.		
	Stück	g	g	g
188, 199, 202 u. 203 } im Durchschnitte }	1	72	72	6 970
195.	2	72	144	12 070
187, 190, 204 u. 205 } im Durchschnitte }	1	50	50	6 430
191.	2	50	100	8 435
196.	3	50	150	11 580
186.	1	34	34	4 510
200.	2	34	68	7 725
192.	3	34	102	7 075
197.	4	34	136	10 215
185.	1	26	26	4 175
198.	2	26	52	5 545
201.	3	26	78	7 305
193.	4	26	104	7 070
184.	1	16	16	4 710
194.	6	16	96	9 790

Und anderseits:

Versuchs- nummer	Belegt pro Satzstelle mit			Knollen- ertrag
	Saat- knollen	welche ein Durch- schnittsgewicht hatten von à	Saatgut in Sa.	
	Stück	g	g	
190.	1	50	50	6 675
204.	1	50	50	5 870
198.	2	26	52	5 545
199.	1	72	72	8 080
202.	1	72	72	6 875
200.	2	34	68	7 725
201.	3	26	78	7 305
189.	1	103	103	8 670
191.	2	50	100	8 435
192.	3	34	102	7 075
193.	4	26	104	7 070
194.	6	16	96	9 790
195.	2	72	144	12 070
196.	3	50	150	11 580
197.	4	34	136	10 215

Die erste Tabelle zeigt unbestreitbar, daß der Ertrag eines Kartoffelfeldes dadurch, daß man eine größere Anzahl kleiner Saatknohlen auslegt, in ähnlicher Weise vermehrt werden kann, wie wenn man die gebräuchliche Anzahl großer Knohlen zur Aussaat benutzt, daß also mit anderen Worten der Ertrag bis zu einem gewissen Grade im Verhältnis zu dem Gewichte des verwendeten Saatgutes wächst, sowohl wenn die Steigerung des letzteren durch Auswahl immer größerer Saatknohlen bewirkt wird, als wenn man dieselbe durch Vermehrung der Stückzahl der ausgelegten Knohlen zu erreichen sucht.

Die zweite Tabelle aber lehrt, daß der Effekt, den man auf dem zweiten Wege zu erzielen vermag, niemals an den heranreicht, den man mit Hilfe der ersten Methode erlangen kann.

Wenn man von dem einzigen scheinbaren Widerspruche absieht, der in dem Ertrage der Versuchsnummer 194 liegt, der aber durch die in der Anmerkung gegebene Notiz seine volle Erklärung findet, so war der von je einer einzigen großen Kartoffel erhaltene Erntertrag unter allen Umständen höher, als der von zwei, drei, vier oder sechs kleineren zusammen für eine Satzstelle verwendeten, auch wenn

die letzteren in Summa das gleiche Gewicht hatten, wie die einzelne grofse Knolle.

Und dieses Resultat kann nicht befremden. Knollen der roten Wahlsdorfer Sorte von 25 bis 30 g Gewicht haben durchschnittlich 7 bis 11 Augen; solche von 100 g Schwere haben deren von 10 bis 17. Die 7 bis 11 Augen der kleinen Knolle sind klein und schwächlich und in der Knolle selbst ist eine verhältnismäfsig geringe Menge von Reservestoffen zu deren ersten Ernährung hinterlegt. Die Augen der grofsen Knolle sind stark und kräftig und haben eine drei- bis viermal gröfsere Menge von Reservestoffen in der Knolle hinter sich.

Diese Verhältnisse machen sich sofort augenfällig bei der Keimung. Die kleinen Saatkartoffeln von 25 bis 30 g Gewicht treiben zwei bis vier Augen zu oberirdischen Zweigen aus, diese Triebe sind schwächlich, dünn und bleiben dies, wenn nicht ein sehr reicher Boden, kräftige Düngung und gute Witterung ihnen besonders unter die Arme greifen, ihr Leben lang. Die grofsen Saatkartoffeln von 100 g Gewicht dagegen schicken fünf bis zehn Triebe nach oben und diese Triebe sind von Hause aus stark und kräftig. Auf unseren Versuchsfeldern waren die mit kleinen Knollen belegten Reihen von den mit grofsem Saatgute bedachten immer schon auf weite Distanz leicht an der Krautbildung zu unterscheiden. Und dieser verschiedenen Entwicklung der oberirdischen Organe entspricht genau eine ebenso verschiedene Ausbildung des ganzen Wurzelsystems und eine ebenso verschiedene Entwicklung der unterirdischen Zweigtriebe, an welchen sich die neuen Knollenanlagen bilden (der Stolonen).

Im Jahre 1868 hatte man beschlossen, die sämtlichen bisher gemachten Beobachtungen in sehr umfassendem Mafsstabe noch einmal zu wiederholen und dadurch zu kontrollieren. Auf dem einen ganzen Morgen umfassenden Versuchsfelde wurde jede Pflanzreihe mit einem anderen Saatquantum belegt und zwar wurden in die Pflanzlöcher hier einzelne Knollen der verschiedensten Gröfse, dort zwei, drei, vier bis acht Knollen zusammen, da der Länge und dort der Quere nach halbierte, selbst gevierteilte Knollen gegeben, kurz das oben behandelte Thema wurde nach allen erdenklichen Richtungen hin variiert. Mit dem Gewichte einzelner Saatkollen sowohl, als mit dem Saatquantum überhaupt war man in den einzelnen Versuchen absichtlich bis zu extravaganten Gröfsen vorgegangen, einzelne Reihen waren

mit Knollen von je $\frac{1}{2}$ Pfund Schwere belegt, auf anderen waren in anderer Art Saatquanta gegeben, die 50 Zentner pro Morgen gleich kamen.

Leider war die bedeutende Mühe, die wir auf die Versuche verwandt hatten, in diesem Jahre vollständig vergebens.

Die Kartoffeln kamen zwar gut an; wie in den früheren Jahren konnte man auch in diesem aus dem weit massigeren und kräftigeren Stande des Krautes von Weitem die Reihen herauserkennen, welche mit grossen Saatkartoffeln belegt worden waren; aber schon Anfang Juni fingen die Pflanzen an auf dem trocknen, durchlässigen Boden von der in diesem Jahre ganz abnormen Dürre zu leiden. Ein paar in den letzten Tagen des Juni fallende Regen dienten dazu, den Kartoffeln noch eine Weile das Leben zu fristen, da aber der Juli und die ersten zwei Dritteltheile des August ebenso anhaltend trocken verliefen, wie der Mai, so wurde der Knollenansatz unserer Versuchspflanzen ein äusserst mangelhafter und die wenigen angesetzten Knollen entwickelten sich auferordentlich schlecht. Schon Mitte August waren sämtliche Pflanzen tot, die Ernte war total misraten und dies Versuchsjahr als ein verlorenes zu betrachten.

In den Jahren 1869 und 1870 erlaubten anderweite Geschäfte der Station nicht, zu den Kartoffelversuchen zurückzukehren, aber im Jahre 1871 wurde es möglich, dieselben wieder aufzunehmen und man benutzte die Gelegenheit, um noch folgenden Punkt zu erörtern.

Versuche aus dem Jahre 1871.

Die Erfahrung aus den Versuchen des Jahres 1867, dass der Ertrag eines Kartoffelstückes dadurch bedeutend gesteigert werden kann, dass man statt einer einzelnen mittelgrossen Saatkartoffel mehrere kleine Knollen nebeneinander in ein Saatloch bringt, regte unwillkürlich die Frage an, ob der Erfolg nicht ein noch ansehnlich besserer sein würde, wenn man die grössere Anzahl kleiner Knollen, statt sie in einem Saatloche zusammenzupferchen, in gleichmässigem Abstände von einander auf die Reihen verteilte.

Um diese Frage mit zur Erledigung zu bringen, wurde den 1871er Versuchen folgende Anordnung gegeben.

Ein halber Morgen von einem Feldstücke der Domäne Dahme, welcher der Versuchsstation zu diesem Behufe freundlich zur Verfügung gestellt war, wurde in vier gleiche Teile geteilt und diese vier Abteilungen wurden, um sich gegenseitig zur Kontrolle zu dienen, unter sich gleich bestellt.

Der Boden war ein in guter Dungkraft befindlicher Lehm und mäsig feucht gelegen. (Diese Lage war absichtlich gewählt worden, weil die Versuche der früheren Jahre immer mehr oder weniger durch Trockenheit gelitten hatten; man hatte aber damit gerade diesmal keinen glücklichen Griff gethan, weil das Jahr 1871 ein ausnahmsweise feuchtes Jahr war. Der Boden wurde während der Vegetation der Versuchspflanzen in nachteiliger Weise fest und die Ernte fiel nur mäsig aus, konnte aber durchaus nicht als misrathen bezeichnet werden.)

Jede der vier Hauptabteilungen a, b, c und d nun wurde wieder der Länge nach in 13 kleine Versuchspartellen geteilt, von denen jede drei Reihen Satzstellen umfasste und die in verschiedenen Entfernungen mit auf der Wage ausgesuchten größeren oder kleineren Saatknohlen der roten Wahlsdorfer Sorte in folgender Weise belegt wurden:

Auf der Versuchs- nummer	betrug die Entfernung		Daraus be- rechnet sich die Zahl der Satzstellen pro Hektar	und wurden ausgelegt Saat- knohlen von einem Durchschnitts- gewichte = g	
	der Reihen von einander	der Satz- stellen in den Reihen			
übliche mittlere Weite	198.	50	40	50 000	15
	199.	50	40	50 000	30
	200.	50	40	50 000	60
	201.	50	40	50 000	90
eng	202.	50	20	100 000	15
	203.	50	20	100 000	30
	204.	50	20	100 000	60
weit	205.	50	80	25 000	30
	206.	50	80	25 000	60
	207.	50	80	25 000	120
sehr weit	208.	100	120	8 333	90
	209.	100	120	8 333	60
	210.	100	120	8 333	30

Wie erwähnt enthielt jede der kleinen Versuchspartellen drei Reihen Pflanzen. Bei der Ernte wurden nun die beiden Seitenreihen immer ganz unberücksichtigt gelassen und nur der Ertrag der mittleren Reihe gewogen. Wer die eben gegebene Planlage der Versuche aufmerksam betrachtet, wird leicht einsehen, was zu diesem Verfahren bestimmte, und es sei deshalb nur noch einmal betont, daß sich die nachstehenden Gewichtszahlen nicht auf die Produktion der ganzen Parzelle, sondern immer nur auf den Ertrag der einen mittleren Reihe beziehen:

Diese bei der Ernte erhaltenen Erträge an Knollen waren:

Auf der Versuchsnummer	Von den Abteilungen des Versuchsfeldes				d. i. im Durch- schnitt der vier Kontrollefelder	
	a.	b.	c.	d.		
	g	g	g	g	g	
übliche mittlere Weite	198.	6 605	6 772	7 846	9 000	7 556
	199.	8 324	7 672	8 451	9 550	8 499
	200.	8 710	9 760	9 038	10 484	9 498
	201.	11 454	11 660	11 133	13 349	11 899
eng	202.	7 265	9 288	8 973	8 135	8 415
	203.	9 836	10 894	9 606	10 040	10 094
	204.	10 600	8 755	10 910	12 422	10 672
weit	205.	5 130	5 156	5 432	6 179	5 474
	206.	7 362	6 710	8 065	7 290	7 357
	207.	8 680	9 230	10 468	8 220	9 150
sehr weit	208.	8 074	9 312	9 973	5 341	8 175
	209.	7 280	5 765	10 718	7 580	7 836
	210.	8 182	6 213	7 505	4 370	6 568

Berechnet man die Ernte durchweg auf eine gleiche Fläche*), beispielsweise auf einen Hektar, so erhält man:

Von den Versuchs- nummern	die belegt waren		pro Hektar		
	mit Knollen von einem Durchschnitts- gewicht = à	in Ent- fernungen von	Knollenertrag im Durch- schnitte der vier Kontrolle- feldchen	das Gewicht der Saat- knollen be- trag in Sa.	Es blieb mit- hin Rein- ertrag nach Abzug der Aussaat
	g	cm	kg	kg	kg
210.	30	100 × 120	5 472 *)	250	5 222
209.	60	100 × 120	6 530 *)	500	6 030
208.	90	100 × 120	6 812 *)	750	6 062
205.	30	50 × 80	9 123	750	8 373
206.	60	50 × 80	12 226	1500	10 726
207.	120	50 × 80	15 250	3000	12 250
198.	15	50 × 40	12 593	750	11 843
199.	30	50 × 40	14 165	1500	12 665
200.	60	50 × 40	15 830	3000	12 830
201.	90	50 × 40	19 832	4500	15 332
202.	15	50 × 20	14 025	1500	12 525
203.	30	50 × 20	16 823	3000	13 823
204.	60	50 × 20	17 787	6000	11 787

Im Jahre 1871 wurde demnach wiederum, wie in den früheren Versuchsjahren, und zwar in allen Fällen bei gleicher Satzweite von den größeren Saatkartoffeln mehr geerntet, als von den kleineren.

Dieser Mehrertrag übertrug mit einer einzigen Ausnahme (Versuchsnummer 204), die leicht erklärlich ist, stets nicht nur den Mehraufwand an Saatgut, sondern brachte nach Abzug des letzteren noch einen bemerkenswerten Reingewinn.

Die großen Saatkollen konnten, ohne den Reingewinn zu schmälern, bis zu einem gewissen Grade durch eine vermehrte Anzahl kleinerer bei dichter Aussaat ersetzt werden, aber eben nur bis zu einem

*) Die Versuchsnummern 208, 209 und 210 umfassten, da die Pflanzreihen derselben in doppelt so großer Entfernung von einander angelegt waren als die der übrigen, eine doppelt so große Fläche als die Nummern 198 bis 207.

gewissen Grade — der höchste Reinertrag wurde von großen Saatknollen bei gewöhnlicher Satzweite erhalten (in Versuchsnummer 201).

Die mehrere Jahre hindurch ohne Vorurteil durchgeführten ziemlich zahlreichen Versuche beweisen mit der wünschenswertesten Übereinstimmung, daß die Schlufssätze, welche oben für den Einfluß der Qualität des Saatgetreides auf die Entwicklung der daraus hervorgehenden Pflanze gefunden worden waren, in vollem Umfange, ja vielleicht in verstärktem Grade auch auf die Saatknolle Anwendung finden.

Eine große Saatknolle treibt im Vergleich zu einer kleinen mehr und kräftigere Zweige, sowohl oberirdische (Laubzweige) als unterirdische (Stolonen), und verbürgt damit eine kräftigere Ernährung und (wie die Versuchsergebnisse deutlich zeigen) einen reicheren Knollenansatz.

Während die geringe Menge Reservenahrung, welche im Getreidesamen abgelagert ist, von dem jungen Pflänzchen schon innerhalb der Keimperiode, jedenfalls in der frühesten Jugendzeit vollständig aufgebraucht wird, birgt die Saatknolle soviel Nährstoffvorrat in sich, daß derselbe der jungen Kartoffelpflanze viel länger Zuschuß zu leisten vermag, ja daß derselbe, wie neuere im Jahre 1874 an der Versuchsstation ausgeführte Versuche erwiesen, noch nicht vollständig erschöpft ist, wenn die junge Pflanze schon Blüten trägt und selbst schon junge Knollen ansetzt. Je größer nun eine Saatknolle, desto größer dieser Nährstoffvorrat, und desto merklicher und nachhaltiger der günstige Einfluß des besseren Saatgutes.

In Folge davon vermag auch eine spätere reichliche Ernährung den schädlichen Einfluß des schlechten Saatgutes bei der Kartoffel nicht so leicht zu neutralisieren, wie bei dem Getreide. Es ist zwar wahrscheinlich, daß ein sehr reicher Boden in geeignetem Klima und bei günstiger Witterung auch die aus einer schwachen Saat hervorgegangene Kartoffelpflanze schließlich zur Maximalproduktion zu fördern vermag, in unseren Versuchen aber vereinigten sich zufällig diese günstigen Bedingungen nie, der günstige Einfluß, den das bessere Saatgut auf die Entwicklung der Pflanze übte, machte sich ohne Ausnahme bis zum Lebensende derselben bemerkbar und sprach sich schließlich in allen Fällen durch einen höheren Ertrag aus.

Die gemachten Beobachtungen mahnen ernstlich zu der Vorsicht,

bei Anstellung von Kulturversuchen mit Kartoffeln die sorgfältige Auswahl des Saatgutes mit Bezug auf die Knollengröße nie aus den Augen zu lassen; die Vernachlässigung dieser Vorsichtsmaßregel kann leicht alle übrigen Resultate in Zweifel stellen.

Für die landwirtschaftliche Praxis beweisen die Versuche, daß das ziemlich allgemein anerkannte Dogma „mittelgroße Kartoffeln sind zur Aussaat die besten“ irrig ist, — daß es wenigstens in dieser Allgemeinheit irrig ist.

Die rote Wahlsdorfer Kartoffel, die zu unseren Versuchen verwendet wurde und die in der Umgegend von Dahme überall zu Wirtschafts- und Brennereizwecken angebaut wird, ist eine mittelgroße Kartoffelsorte. Die mittelschweren Knollen davon, die man in der Praxis zur Aussaat benutzt, haben, wie wir uns überzeugten, ein durchschnittliches Gewicht von à 33 bis 50, im Mittel etwa 40 g. Solcher Knollen legt man bei einer Entfernung der Reihen = 50 cm und der Knollen in den Reihen = 40 cm in der Regel 1600 bis 2400 kg pro Hektar (8 bis 10, höchstens 12 Scheffel pro preufs. Morgen) aus.

In unseren Versuchen erhielt man nun ein entschieden besseres Ernteresultat, wenn man mittlere Knollen der angegebenen Größe enger legte, als die in der Praxis angenommene Satzweite verlangt.

Aber einen noch besseren Erfolg hatte man und in allen Fällen die höchste Ernte wurde gemacht, wenn man mit Beibehaltung der üblichen Satzweite statt der Mittelkartoffeln nur große Saatkollen von etwa 80 bis 100 g Gewicht und selbst darüber auslegte.

Man braucht dann allerdings ein Aussaatquantum von 4000 bis 5000 kg pro Hektar (d. i. etwa einen Wispel pro preufs. Morgen), aber dieser Mehraufwand an Saatgut wurde immer durch den Mehrertrag nicht nur wieder eingebracht, sondern es blieb stets noch ein erheblicher Reingewinn zu Gunsten der großen Saatkollen übrig.

Freilich gilt diese Erfahrung zunächst auch nur für die gleichen oder ähnlichen Verhältnisse, unter denen unsere Versuche angestellt wurden, möglich, daß auf reicheren Bodenarten und in klimatisch besseren Lagen sich die Sache anders stellt, aber gerade auf den weniger guten Böden hat der Kartoffelbau seine größte Ausdehnung erlangt und können wir deshalb nur immer wieder raten, wie wir schon vor einem Jahrzehnt, wenn auch mit wenig Erfolg, gethan, diese Beobachtungen noch einer weiteren praktischen Prüfung zu unterziehen.

B. Einfluss der spezifischen Schwere der Knolle.

Das spezifische Gewicht einer Kartoffelknolle wird in der Hauptsache bedingt durch die Menge der in ihren Zellen abgelagerten Stärkekörner; von letzteren aber findet sich selbst in einer spezifisch leichten Kartoffel ein so großer Überschuss gegenüber den sie begleitenden Eiweißkörpern und Mineralsalzen, dass von einem Mehr oder Minder desselben ein Einfluss auf die Entwicklung der aus der Knolle entspringenden Keime nicht zu erwarten war. Dagegen liefs sich a priori nicht ebenso leugnen, dass eine aus einer spezifisch schweren Saatkartoffel erwachsene Pflanze mehr Neigung haben könne, wieder spezifisch schwere Knollen zu bilden, als eine aus spezifisch leichtem Saatgut hervorgegangene, — oder mit anderen Worten, dass eine Erblichkeitsanlage in diesem Sinne, wenn auch nicht von einem hohen spezifischen Gewichte der Saatkollen abhängig, so doch öfter oder in der Regel mit demselben verbunden sein könne.

Diese letztere Frage war es, welche wir durch die nachstehenden Versuche zu lösen beabsichtigten. Dieselbe schien uns nebenbei eine nicht geringe praktische Bedeutung zu haben, denn in dem Falle, dass sich das Experiment bejahend über die angedeutete Erblichkeitsanlage aussprach, hatte man zugleich einen Weg gewonnen, auf dem es gelingen musste, stärkearme Kartoffelsorten allmählich sicher in stärkereiche überzuführen.

Ein reichliches Versuchsmaterial war bequem zur Hand, indem von der Versuchsstation schon im Jahre 1857 fünfzehn verschiedene Kartoffelsorten, die als reich im Ertrage und gut im Stärkegehalte gerühmt wurden, nebeneinander angebaut worden waren, um ihren landwirtschaftlichen Nutzungswert komparativ festzustellen. Es war beabsichtigt, den Anbau dieser Sorten zu demselben Behufe noch einige Jahre fortzusetzen, und es erschien jetzt ganz geeignet, mit diesen Versuchen die Experimente über den Einfluss des spezifischen Gewichts der Knolle gleich zu verbinden.

Im Jahre 1858

besehränkte man sich darauf, die zur Aussaat bestimmten Knollen der 15 Kartoffelsorten mit Hülfe von Salzlösungen in zwei ungefähr gleiche Hälften — eine spezifisch schwerere und eine spezifisch leichtere — zu scheiden und diese Hälften getrennt neben einander anzubauen.

Der Boden des Versuchsfeldes war der schon öfter erwähnte lehmige Sand; eine besondere Düngung wurde nicht gegeben; Bestellung und Satzweite waren die in der Praxis üblichen; die Größe jeder Versuchsparzelle betrug 14,2 □ m (1 □ Rute preufs.).

Während der im Ganzen günstig verlaufenden Vegetation wurde ein Unterschied zwischen den mit spezifisch schweren und den mit spezifisch leichten Knollen belegten Parzellen nicht bemerkbar:

Es wurde geerntet:

Laufende Versuchs- nummer	Kartoffelsorte	Spezifisches Gewicht der ausgesäeten Knollen	Absolutes Gewicht der geernteten Knollen pro Parzelle	Spezifisches Gewicht der geernteten Knollen
			g	
205.)	Englische Roastbeef- kartoffel	{über 1,080	15 150	1,073
206.)		{unter 1,080	17 600	1,074
207.)	Braunschweigische Zuckerkartoffel	{über 1,080	22 700	1,077
208.)		{unter 1,080	18 800	1,078
209.)	Lammers Sechswochen- kartoffel	{über 1,080	24 250	1,065
210.)		{unter 1,080	19 700	1,068
211.)	Frühe niedrige rote Kartoffel	{über 1,090	21 000	1,076
212.)		{unter 1,090	18 800	1,075
213.)	Rote Kartoffel von Lastig	{über 1,105	16 550	1,089
214.)		{unter 1,105	13 800	1,088
215.)	Tournaykartoffel	{über 1,095	18 350	1,075
216.)		{unter 1,095	17 150	1,076
217.)	Große Orange	{über 1,090	26 450	1,073
218.)		{unter 1,090	24 850	1,072
219.)	Mausekartoffel	{über 1,090	15 200	1,071
220.)		{unter 1,090	14 050	1,069
221.)	Blau marmorirte Kartoffel	{über 1,095	19 000	1,085
222.)		{unter 1,095	16 950	1,083
223.)	Frühe blaurote Treib- kartoffel	{über 1,080	15 200	1,078
224.)		{unter 1,080	14 100	1,079

Laufende Versuchs- nummer	Kartoffelsorte	Spezifisches Gewicht der ausgesäeten Knollen	Absolutes	Spezifisches Gewicht der geernteten Knollen
			Gewicht der geernteten Knollen pro Parzelle g	
225.}	Wahlsdorfer rote Kartoffel	{über 1,105	17 750	1,087
226.}			{unter 1,105	15 650	1,085
227.}	Zwiebelkartoffel mit weißem Fleisch	{über 1,115	21 200	1,088
228.}			{unter 1,115	17 600	1,081
229.}	Zwiebelkartoffel mit gelbem Fleisch	{über 1,110	16 050	1,090
230.}			{unter 1,110	17 800	1,083
231.}	Weifse Thiemsehe Kartoffel	{über 1,080	14 950	1,074
232.}			{unter 1,080	14 100	1,074
233.}	Gewöhnliche blaue Kartoffel	{über 1,075	12 450	1,081
234.}			{unter 1,075	17 450	1,084

Fasst man ohne Rücksicht auf die Sorten den gesamten Ertrag zusammen, so wurden geerntet:

a. Von 213 □ m mit spezifisch schwerem Saatgute belegt in Summa 276 500 g Knollen mit einem durchschnittlichen spezifischen Gewichte = 1,0789.

b. Von 213 □ m mit spezifisch leichtem Saatgute belegt in Summa 259 000 g Knollen mit einem durchschnittlichen spezifischen Gewichte = 1,0776.

Im Jahre 1859

wurde die Auswahl der Saatkollen in etwas anderer Weise vorgenommen. Man hatte von der 1858er Ernte die aus spezifisch schwererer Saat gewonnenen Knollen von den aus spezifisch leichterer erhaltenen getrennt aufbewahrt und benutzte nun die ersteren, um aus ihnen für das Jahr 1859 mit Hilfe von dichterem Salzlösungen das spezifisch schwerere Saatgut auszuschneiden, während man das spezifisch leichtere aus den letzteren ausschied.

Man hoffte, daß auf diesem Wege die Wirkung der Vererbung, wenn eine solche überhaupt vorhanden war, sich aus den beiden Jahren summieren und so deutlicher zum Ausdruck kommen sollte.

Die übrigen Versuchsverhältnisse waren dieselben, wie im Vorjahre; die Aussaat erfolgte am 5. und 6. Mai.

Über die Qualität des Saatgutes gibt folgende Tabelle nähere Auskunft:

Lau- fende Ver- suchs- num- mer	Kartoffelsorte	Relative Güte des Saatgutes	Spezifisches Gewicht der Saat- knollen		Absolutes Gewicht	
					der gänz- en Aussaat pro Parzelle	mittleres der einzelnen Knollen
			Grenzen von—bis	Mittel	g	g
235.}	Englische Roastbeef	{schwer	1,105—1,085	1,090	1503	24
236.}		{leicht	1,065—1,055	1,060	2005	31
237.}	Braunschweiger Zuckerkartoffel	{schwer	1,105—1,095	1,098	1320	21
238.}		{leicht	1,065—1,065	1,065	1480	23
239.}	Lammers Sechs- wochenkartoffel	{schwer	1,085—1,075	1,078	3990	62
240.}		{leicht	1,055—1,045	1,050	3955	62
241.}	Frühe niedrige rote	{schwer	1,095—1,085	1,087	3405	53
242.}		{leicht	1,065—1,035	1,060	2700	42
243.}	Rote von Lastig	{schwer	1,115—1,105	1,107	1793	28
244.}		{leicht	1,075—1,045	1,070	2105	33
245.}	Tournay-Kartoffel	{schwer	1,085—1,085	1,085	2780	43
246.}		{leicht	1,065—1,035	1,063	2163	34
247.}	Große Orange	{schwer	1,085—1,075	1,078	5222	82
248.}		{leicht	1,070—1,025	1,062	4000	63
249.}	Mausekartoffel	{schwer	1,085—1,085	1,085	1628	25
250.}		{leicht	1,065—1,055	1,063	1688	26
251.}	Blau marmorierte Kartoffel	{schwer	1,105—1,095	1,099	1465	23
252.}		{leicht	1,065—1,045	1,061	820	13
253.}	Frühe blaurote Treibkartoffel	{schwer	1,105—1,080	1,094	1715	27
254.}		{leicht	1,065—1,045	1,055	1390	22
255.}	Wahlsdorfer rote Kartoffel	{schwer	1,115—1,095	1,097	2920	44
256.}		{leicht	1,080—1,050	1,075	2073	32
257.}	Weißfleischige Zwiebelkartoffel	{schwer	1,115—1,105	1,106	2525	39
258.}		{leicht	1,065—1,045	1,063	1390	22
259.}	Gelbfleischige Zwiebelkartoffel	{schwer	1,125—1,105	1,108	2485	39
260.}		{leicht	1,075—1,055	1,065	1900	30
261.}	Weisse Thiemsche Kartoffel	{schwer	1,085—1,085	1,085	1815	28
262.}		{leicht	1,065—1,055	1,061	1435	22
263.}	Gewöhnliche blaue Kartoffel	{schwer	1,115—1,095	1,098	2310	36
264.}		{leicht	1,065—1,065	1,065	1220	19

Geerntet wurde:

Laufende Versuchs- nummer	Kartoffelsorte	Spezif. Gewicht der Saat- knollen Mittel	Absolutes	Ernte an Knollen pro Parzelle	Spezif. Gewicht der ge- ernteten Knollen
			Gewicht pr. Knolle im Durch- schnitt g			g
235.)	Englische Roastbeef- kartoffel	{1,090	24	9 075	1,089
236.)		{1,060	31	10 855	1,088
237.)	Braunschweiger Zucker- kartoffel	{1,098	21	11 485	1,086
238.)		{1,065	23	9 970	1,082
239.)	Lammers Sechswochen- kartoffel	{1,078	62	13 170	1,079
240.)		{1,050	62	11 685	1,079
241.)	Frühe niedrige rote	{1,087	53	14 295	1,086
242.)		{1,060	42	12 090	1,089
243.)	Rote von Lastig	{1,107	28	11 730	1,095
244.)		{1,070	33	12 030	1,100
245.)	Tournay-Kartoffel	{1,085	43	11 075	1,095
246.)		{1,063	34	10 745	1,090
247.)	Große Orange	{1,078	82	13 880	1,084
248.)		{1,062	63	11 235	1,083
249.)	Mausekartoffel	{1,085	25	7 390	1,082
250.)		{1,063	26	7 200	1,084
251.)	Blau marmorierte	{1,099	23	7 950	1,092
252.)		{1,061	13	7 005	1,087
253.)	Frühe blaurote Treib- kartoffel	{1,094	27	8 005	1,082
254.)		{1,055	22	5 600	1,084
255.)	Wahlsdorfer rote	{1,097	44	12 375	1,115
256.)		{1,075	32	11 485	1,105
257.)	Weißfleischige Zwiebel- kartoffel	{1,106	38	12 205	1,098
258.)		{1,063	22	9 900	1,091
259.)	Gelbfleischige Zwiebel- kartoffel	{1,108	39	10 890	1,093
260.)		{1,065	30	7 625	1,088
261.)	Weiße Thiemsche Kartoffel	{1,085	28	9 560	1,092
262.)		{1,061	22	6 725	1,092
263.)	Gewöhnliche blaue Kar- toffel	{1,098	36	8 640	1,092
264.)		{1,065	20	8 445	1,090

Man gewann also, wenn man wiederum ohne Rücksicht auf die Sorten den Ertrag des ganzen Versuchsfeldes zusammenstellt:

a. Von 213 □m mit spezifisch schwererem Saatgute belegt in Summa 161 725 g Knollen mit einem durchschnittlichen spezifischen Gewichte = 1,0907;

b. Von 213 □m mit spezifisch leichterem Saatgute belegt in Summa 142 595 g Knollen mit einem durchschnittlichen spezifischen Gewichte = 1,0888.

Aueh diesmal bewahrte man den Ertrag jeder einzelnen Parzelle gesondert auf und benutzte

im Jahre 1860

die 1859 von dem spezifisch schwereren Saatgute gewonnene Ernte, um aus ihr wieder die spezifisch schweren Saatkollen heraus zu nehmen, während der von spezifisch leichten Kartoffeln erhaltene Ertrag wieder die spezifisch leichte Saat lieferte.

Die äußere Einrichtung der Versuche war wieder der der beiden Vorjahre gleich, nur wählte man diesmal ein etwas tiefer und feuchter gelegenes Ackerstück für die Kultur aus und erreichte dadurch den Vorteil einer besseren und kräftigeren Vegetation der Versuchspflanzen als im Jahre 1859.

Ein Unterschied in der Entwicklung der aus spezifisch schwerer und aus spezifisch leichter Saat hervorgegangenen Pflanzen war während der Vegetationszeit auch in diesem Jahre nicht zu konstatieren.

Die Ernteresultate waren:

Laufende Ver- suchs- num- mer	Kartoffelsorte	S a a t g u t			E r t r a g		
		relative Güte	spezifisches Gewicht		Knollen pro Parzelle g	mittleres spezif. Gewicht der ge- ernteten Knollen	
			Grenzen				Mittel
			von	bis			
265.)	Englische Roastbeefkartoffel	{schwer	1,100—1,090	1,095	5 485	1,068	
266.)		{leicht	1,075—1,065	1,070			5 105	1,067
267.)	Braunschweiger Zuckerkartoffel	{schwer	1,100—1,090	1,095	12 270	1,071	
268.)		{leicht	1,080—1,070	1,075			11 085	1,073
269.)	Lammers Sechs- wochenkartoffel	{schwer	1,105—1,095	1,100	23 395	1,059	
270.)		{leicht	1,080—1,070	1,075			23 875	1,060
271.)	Frühe niedrige rote	{schwer	1,110—1,100	1,105	23 955	1,066	
272.)		{leicht	1,080—1,070	1,075			23 960	1,070
273.)	Rote von Lastig	{schwer	1,115—1,105	1,110	14 910	1,071	
274.)		{leicht	1,090—1,080	1,085			14 435	1,070
275.)	Tournay-Kartoffel	{schwer	1,110—1,100	1,105	12 315	1,071	
276.)		{leicht	1,090—1,080	1,085			16 290	1,065
277.)	Große Orange	{schwer	1,110—1,090	1,095	15 970	1,069	
278.)		{leicht	1,080—1,070	1,075			15 800	1,069

Lau- fende Ver- suchs- num- mer	Kartoffelsorte	Saatgut			Ertrag	
		relative Güte	spezifisches Gewicht		Knollen pro Parzelle g	mittleres spezif. Gewicht der ge- ernteten Knollen
			Grenzen			
			von	bis		
279.}	Mausekartoffel	{schwer	1,100—1,090	1,095	15 670	1,063
280.}		{leicht	1,075—1,065	1,070	14 140	1,059
281.}	Blau marmorierte	{schwer	1,115—1,105	1,110	19 835	1,074
282.}		{leicht	1,090—1,080	1,085	22 050	1,073
283.}	Frühe blaurote Treibkartoffel	{schwer	1,100—1,090	1,095	14 780	1,076
284.}		{leicht	1,070—1,060	1,065	13 075	1,071
285.}	Wahlsdorfer rote	{schwer	1,120—1,110	1,115	15 730	1,088
286.}		{leicht	1,095—1,085	1,090	15 750	1,086
287.}	Weißfleischige Zwiebelkartoffel	{schwer	1,120—1,110	1,115	15 830	1,082
288.}		{leicht	1,090—1,080	1,085	14 290	1,079
289.}	Gelbfleischige Zwiebelkartoffel	{schwer	1,115—1,105	1,110	19 435	1,087
290.}		{leicht	1,075—1,065	1,070	13 940	1,080
291.}	Weißse Thiemsche Kartoffel	{schwer	1,115—1,105	1,110	8 885	1,063
292.}		{leicht	1,090—1,080	1,085	8 645	1,061
293.}	Gewöhnliche blaue Kartoffel	{schwer	1,120—1,110	1,115	10 765	1,071
294.}		{leicht	1,080—1,070	1,075	10 735	1,070

Der Gesamtertrag des ganzen Versuchsfeldes ohne Rücksicht auf die einzelnen Sorten stellt sich in diesem Jahre wie folgt. Man erntete:

a. Von 213 □ m mit spezifisch schwererem Saatgute belegt in Summa 229 230 g Knollen mit einem durchschnittlichen spezifischen Gewichte = 1,0720.

b. Von 213 □ m mit spezifisch leichterem Saatgute belegt in Summa 223 175 g Knollen mit einem durchschnittlichen spezifischen Gewichte = 1,0701.

Aus den Resultaten aller drei Versuchsjahre schließen wir, daß die spezifische Schwere der Saatknohle keinen bemerklichen Einfluß äußert weder auf die Entwicklung der daraus hervorgehenden Kartoffelpflanze und deren Ertrag überhaupt, noch auf die spezifische Schwere oder den Stärkereichtum der Knollenernte im besonderen — und daß die Hoffnung, eine Kartoffelsorte durch Auswahl spezifisch schwerer Saatknohlen in ihrem Stärkegehalte erhöhen zu können, illusorisch ist.

Zwar wurden in den Versuchen aller drei Jahre von den spezifisch schwereren Saatknohlen in Summa etwas mehr Knohlen und auch im großen Durchschnitte Knohlen von etwas höherem spezifischen Gewichte geerntet, als von den spezifisch leichteren Saatknohlen. Betrachtet man aber die Resultate genau, so überzeugt man sich bald, daß es Täuschung wäre, wenn man diesen Effekt als Folge der Verschiedenheit im spezifischen Gewichte des Saatgutes auffassen wollte.

Auch für die Kartoffelknolle gilt der Satz, daß das spezifische Gewicht derselben innerhalb gewisser Grenzen Hand in Hand geht mit ihrer absoluten Schwere, wenn auch der Satz hier noch mehr Ausnahmen erleidet, als bei den Getreidesamen.

Daß auch in unseren Versuchen die spezifisch leichteren Saatknohlen zugleich auch in der Regel die kleineren waren und daß der erwähnte Minderertrag sowie der geringe Ausfall in dem spezifischen Gewichte den Unterschieden im absoluten Gewichte nicht im spezifischen der Saatknohlen zuzuschreiben ist, wird sofort klar werden, wenn wir die Erträge von 1859, in welchem Jahre die absolute Schwere des Saatgutes neben der spezifischen mitbestimmt wurde, einmal nach der Größe der Saatknohlen, das anderemal nach dem spezifischen Gewichte derselben wie folgt gruppieren.

(Wir verkennen hierbei nicht, daß es einfacher und richtiger gewesen wäre, bei dem vorliegenden Experimente gleich nur Knohlen von durchweg gleicher Größe zur Aussaat zu verwenden; zu unserer Entschuldigung aber diene, daß die Versuche, welche uns über den bedeutenden Einfluß der absoluten Schwere der Saatknohle aufklärten, erst aus einer späteren Zeit datieren.)

a. Die Versuche von 1859, im Sinne des absoluten Gewichtes der SaatknoUen geordnet:

Versuchsnummer	Kartoffelsorte	Saatgut				Ernte			
		absolutes Gewicht		spezifisches Gewicht		absolutes Gewicht		spezifisches Gewicht	
		g	g			g	g		

Erste Gruppe: Die spezifisch leichten SaatknoUen waren ebenso groÙ oder groÙser, als die spezifisch schweren.

235.	Roastbeef	1 503		1,090		9 075	1,089	
236.			2 005		1,060		10 855	1,088
237.	Braunsehweiger Zucker	1 320		1,098		11 485	1,086	
238.			1 480		1,065		9 970	1,082
243.	Rote von Lastig	1 793		1,107		11 730	1,095	
244.			2 105		1,070		12 030	1,100
249.	Mausekartoffel	1 628		1,035		7 390	1,082	
250.			1 688		1,063		7 200	1,084
239.	Lammers Seehswochen	3 990		1,078		13 170	1,079	
240.			3 995		1,050		11 685	1,079
Summa des absol. Gewichtes		10 234	11 233			52 850	51 740	
Differenz desselben			+ 999				- 1 110	
Durchschnitt d. spezif. Gew.				1,0916	1,0616			1,0862
Differenz desselben					- 0,0300			+ 0,0004

Zweite Gruppe: Die spezifisch leichten SaatknoUen waren mäßig kleiner, als die spezifisch schweren.

253.	Frühe blaurote Treibkartoffel	1 715	1 390	1,094	1,055	8 005	5 600	1,082	1,084
254.									
261.	WeiÙe Tiemsehe Kartoffel	1 815	1 435	1,085	1,061	9 560	6 725	1,092	1,092
262.									
259.	Gelbfleischige Zwiebelkartoffel	2 485	1 900	1,108	1,065	10 890	7 625	1,093	1,088
260.									
245.	Tournay-Kartoffel	2 780	2 163	1,085	1,063	11 075	10 745	1,095	1,090
246.									
241.	Frühe niedrige rote	3 405	2 700	1,087	1,060	14 295	12 090	1,086	1,089
242.									
Summa des absol. Gewichtes		12 200	9 588			53 825	42 785		
Differenz desselben			- 2 612				- 11 040		
Durchschnitt d. spezif. Gew.				1,0918	1,0608			1,0896	1,0886
Differenz desselben					- 0,0310				- 0,0010

Dritte Gruppe: Die spezifisch leichten SaatknoUen waren viel kleiner, als die spezifisch schweren.

247.	GroÙe Orange	5 222	4 000	1,078	1,062	13 880	11 235	1,084	1,083
248.									
255.	Wahlsdorfer rote	2 920	2 073	1,097	1,075	12 375	11 485	1,115	1,105
256.									
251.	Blau marmorierte	1 465	820	1,099	1,061	7 950	7 005	1,092	1,087
252.									
257.	WeiÙfleischige Zwiebelkartoffel	2 525	1 390	1,106	1,063	12 205	9 900	1,098	1,091
258.									
263.	Gewöhnliche blaue Kartoffel	2 310	1 220	1,098	1,065	8 640	8 445	1,092	1,090
264.									
Summa des absol. Gewichtes		14 442	9 503			55 050	48 070		
Differenz desselben			- 4 939				- 6 980		
Durchschnitt d. spezif. Gew.				1,0956	1,0652			1,0962	1,0912
Differenz desselben					- 0,0304				- 0,0050

In diesen drei Gruppen von je fünf Kartoffelsorten war die Differenz zwischen dem spezifischen Gewichte des leichten und des schweren Saatgutes ungefähr gleich, die schlechteren Saatknohlen waren

					in Gruppe 1 durchschnittlich um 0,0300,
„	„	2	„	„	0,0310,
„	„	3	„	„	0,0304

leichter als die besseren.

Dagegen war die Differenz zwischen dem absoluten Gewichte des leichten und des schweren Saatgutes in den drei Gruppen sehr verschieden; in der ersten Gruppe war sie unbedeutend, in der zweiten ansehnlich und in der dritten ungefähr doppelt so groß, als in der zweiten.

Wenn der Einfluss des spezifischen und nicht der des absoluten Gewichtes der Aussaat entscheidend auf die Quantität und Qualität der Ernte wirkte, so musste in allen drei Gruppen von der leichten Aussaat eine quantitativ und qualitativ schlechtere Ernte gemacht und zwar mussten von derselben in allen drei Gruppen ungefähr gleich viel weniger Knollen geerntet werden und die geernteten Knollen mussten ein ungefähr gleichviel geringeres spezifisches Gewicht besitzen, als von der schweren Aussaat.

Wenn dagegen umgekehrt der Einfluss des absoluten und nicht des spezifischen Gewichtes der Aussaat für den Ausfall der Ernte entscheidend war, so musste in der ersten Gruppe die Ernte von der spezifisch leichteren Aussaat ungefähr ebenso groß sein und die geernteten Knollen mussten ungefähr dieselbe spezifische Schwere besitzen, wie von der spezifisch schweren Aussaat, während in der zweiten und noch mehr in der dritten Gruppe die von dem schlechteren Saatgute gemachte Ernte hinter der von dem besseren erzielten sowohl quantitativ als qualitativ zurückstehen musste.

Ein einziger Blick auf die Ernteresultate genügt, um zu zeigen, dass jener Einfluss des spezifischen Gewichtes des Saatgutes nicht vorhanden war, während der Einfluss des absoluten Gewichtes der Saatknohlen sich in der zu erwartenden Weise mit einer einzigen nicht viel bedeutenden Ausnahme sehr gut ausspricht.

Und zu demselben Schlusse führt die folgende Zusammenstellung:

b. Die Versuche von 1859, im Sinne des spezifischen Gewichtes der SaatknoUen geordnet.

Laurene Versuchs- nummer	Kartoffelsorte	Saatgut				Ernte			
		spezifisches Gewicht	absolutes Gewicht		absolutes Gewicht		spezifisches Gewicht		
			g	g	g	g			
Erste Gruppe: Der Unterschied im spezifischen Gewichte der beiden Hälften des Saatgutes war verhältnismäßig gering.									
247.	Große Orange	1,078		5 222		13 880		1,084	
248.			1,062		4 000		11 235		1,083
245.	Tournay-Kartoffel	1,085		2 780		11 075		1,095	
246.			1,063		2 163		10 745		1,090
255.	Wahlsdorfer rote	1,097		2920		12 375		1,115	
256.			1,075		2 073		11 485		1,105
249.	Mausekartoffel	1,085		1 628		7 390		1,082	
250.			1,063		1 688		7 200		1,084
261.	Weiße Thiemsche	1,085		1 815		9 560		1,092	
262.			1,061		1 435		6 725		1,092
Durchschnitt d. spezif. Gew.		1,0860	1,0648					1,0936	1,0908
Differenz desselben			— 0,0212						— 0,0028
Summa des absol. Gewichtes				14 365	11 359	54 280	47 390		
Differenz desselben					— 3 006		— 6 890		
Zweite Gruppe: Der Unterschied im spezifischen Gewichte der beiden Hälften des Saatgutes war größer.									
241.	Frühe niedrige rote	1,087		3 405		14 295		1,086	
242.			1,060		2 700		12 090		1,089
239.	Lammers Sechswochenkartoffel	1,078		3 990		13 170		1,079	
240.			1,050		3 995		11 685		1,079
235.	Roastbeef	1,090		1 503		9 075		1,089	
236.			1,060		2 005		10 855		1,088
237.	Braunschweiger	1,098		1 320		11 485		1,086	
238.			1,065		1 480		9 970		1,082
263.	Gewöhnliche blaue Kartoffel	1,098		2 310		8 640		1,092	
264.			1,065		1 220		8 445		1,090
Durchschnitt d. spezif. Gew.		1,0902	1,0600					1,0864	1,0856
Differenz desselben			— 0,0302						— 0,0008
Summa des absol. Gewichtes				12 528	11 360	56 665	53 045		
Differenz desselben					— 1 168		— 3 620		
Dritte Gruppe: Der Unterschied im spezifischen Gewichte der beiden Hälften des Saatgutes war am größten.									
243.	Rote von Lastig	1,107		1 793		11 730		1,095	
244.			1,070		2 105		12 030		1,100
251.	Blau marmorierte	1,099		1 465		7 950		1,092	
252.			1,061		820		7 005		1,087
253.	Frühe blaurote Treibkartoffel	1,094		1 715		8 005		1,082	
254.			1,055		1 390		5 600		1,084
257.	Weißfleischige	1,106		2 525		12 205		1,098	
258.			1,063		1 390		9 900		1,091
259.	Gelbfleischige	1,108		2 485		10 890		1,093	
260.			1,065		1 900		7 625		1,088
Durchschnitt d. spezif. Gew.		1,1028	1,0628					1,0920	1,0900
Differenz desselben			— 0,0400						— 0,0020
Summa des absol. Gewichtes				9 983	7 605	50 780	42 160		
Differenz desselben					— 2 378		— 8 620		

Hier waren die Unterschiede in dem spezifischen Gewichte des schlechteren und des besseren Saatgutes in den drei Gruppen nicht gleich, sondern von Gruppe zu Gruppe steigend und zwar waren die schlechten Saatkollen

	in Gruppe 1	durchschnittlich	um	0,0212,
	„ „ 2	„	„	0,0302 und
	„ „ 3	„	„	0,0400

leichter, als die besseren.

Dagegen waren die Differenzen zwischen dem absoluten Gewichte der besseren und der schlechteren Saatkollen hier minder bedeutend, als in der Gruppierung a, und zwar waren dieselben in der ersten Gruppe am größten und in der zweiten am geringsten.

Übte das spezifische Gewicht des Saatgutes einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung und den Ertrag der Kartoffeln aus, so mußte sich dies in den Versuchen dadurch dokumentieren, daß zunächst in allen drei Gruppen von dem schlechteren Saatgute weniger geerntet wurde, als von dem besseren, und daß sodann die Differenzen zwischen den Erträgen des schlechteren und des besseren Saatgutes sowohl was die Quantität als die spezifische Schwere der geernteten Knollen anbetrifft, von Gruppe zu Gruppe regelmäÙig größer wurden.

Wenn dagegen das absolute Gewicht des Saatgutes wiederum seinen gewöhnlichen Einfluß ausübte, so mußte dies in den Versuchen dadurch seinen Ausdruck finden, daß zwar ebenfalls der von dem schlechteren Saatgute erhaltene Ertrag in allen drei Gruppen quantitativ und qualitativ geringer war, als der von dem besseren Saatgute gewonnene, daß aber die Differenz zwischen diesen Erträgen in der ersten Gruppe am größten und in der zweiten am kleinsten war.

Auch hier kann man bei Betrachtung der Resultate keinen Augenblick in Zweifel sein, daß die Erträge mit dem spezifischen Gewichte des Saatgutes in keinerlei Zusammenhange stehen, dagegen richten sich dieselben wiederum, einen einzigen Fall von geringer Bedeutung ausgenommen, streng nach dem absoluten Gewichte der ausgelegten Saatkollen.

Wenn man diesen Betrachtungen Beifall schenkt und wenn man besonders die früher über den Einfluß des absoluten Gewichtes der Saatkollen mitgeteilten Beobachtungen mit in Vergleich zieht, so

wird man den oben gezogenen Schlufssatz berechtigt finden, dafs die spezifische Schwere der SaatknoUe keinen merklichen Einflufs auf den Ertrag der aus ihr hervorgehenden Kartoffelpflanze und den Stärkereichtum der von ihr geernteten Kartoffel äufsert, — und dafs die Hoffnung, eine stärkearme Kartoffelsorte durch Auswahl spezifisch schwerer SaatknoUen zu einer stärkereicheren umwandeln zu können, vergeblich ist.

Man wird diesem Satze umsomehr Berechtigung zuerkennen, wenn man sich schliefslich noch daran erinnert, dafs wir in den beiden letzten Jahren unser spezifisch schwereres Saatgut nur aus der schon aus spezifisch schwerer Saat, und das spezifisch leichtere nur aus spezifisch leichter Saat gewonnenen Ernte entnahmen, — dafs also der Einflufs des Saatgutes, falls hier die Erblichkeit mit ins Spiel kam, sich von Jahr zu Jahr hätte steigern müssen — und dafs in den Resultaten von dieser Einwirkung nichts zu spüren ist; denn es betrug das durchschnittliche spezifische Gewicht

	im Jahre 1858	1859	1860
der Gesamternte vom schweren Saatgute . . .	1,0789	1,0907	1,0720
„ „ „ leichten . . .	1,0776	1,0888	1,0701
die Differenz zwischen beiden	0,0013	0,0019	0,0019

Zwar sind drei Jahre für derartige Versuche eine kurze Zeit; die Kartoffelpflanze ist aber, wie uns die Hunderte von neuen Sorten, mit denen uns nur das letzte Jahrzehnt beschenkt hat, und wie uns alle Erfahrungen in ihrer Kultur beweisen, so leicht zum Variieren geneigt und so sehr gegen Einflüsse aller Art empfindlich, dafs sich bei ihr die Einwirkung einer Erblichkeitsanlage nach drei Generationen deutlicher und energischer ausgeprägt haben würde, wenn — sie vorhanden gewesen wäre.

R ü c k b l i c k .

Ernährungsversuche mit höher organisierten Pflanzen, wie wir sie hier zum Vorwurfe haben, beginnen nie mit den ersten Anfängen des Pflanzenlebens.

Das Pflanzenembryo ist schon an der und auf Kosten der Mutterpflanze bis zu einer gewissen Stufe vorgebildet, mit einer Summe individueller Eigenschaften, die für seine spätere Entwicklung entscheidend sind, ausgestattet und nebst einer Quantität Reservenernährung in dem Samen niedergelegt.

In der ersten Epoche seines selbständigen Lebens — dem Keimleben — ist dieses Embryo von äusseren Nahrungszuflüssen ziemlich unabhängig. Wärme, Feuchtigkeit und Sauerstoff sind die einzigen befruchtenden Faktoren, die es von seiner Umgebung beansprucht. Es wächst auf Kosten der ihm von der Mutter beigebrachten Reservenernährung.

Erst wenn das junge Pflänzchen schon eine gewisse Grösse erlangt, wenn es seine Wurzel bis zu einiger Tiefe in den Boden getrieben, seine oberirdische Achse an Luft und Licht gebracht hat, tritt es in volle Wechselwirkung mit und zugleich in volle Abhängigkeit von der Aussenwelt und erst zu dieser Zeit kann der eigentliche Ernährungsversuch beginnen.

Es ist selbstverständlich, dass der experimentierende Agrikulturchemiker zu allererst dafür zu sorgen hat, dass er nur mit möglichst gleich veranlagten und mit durchweg gleich entwickelten Keimpflanzen in den Versuch eintritt.

Diese Forderung wird nicht erfüllt, wenn man sich bei der Entnahme seines Saatgutes dem Zufalle überlässt. Verschiedene Samen ein und derselben Pflanzart, ja ein und derselben Mutterpflanze, zeigen beachtenswerte Differenzen in ihrer individuellen Veranlagung (Konstanz und Neigung zum Variieren) und können ganz bedeutende Unterschiede aufweisen in der Grösse und Lebenskraft ihres Embryos, wie in der Menge der daselbe begleitenden Reservenernährung. Gesunde und im übrigen anscheinend ganz normal entwickelte Gerstenkörner

können in den letzten beiden Richtungen Unterschiede ergeben, deren Gröfßenverhältnis sich wie 1 : 5 stellt, und bei gröfseren Samenarten, wie Bohnen, kann man Differenzen finden, die innerhalb noch weiterer Grenzen schwanken.

Es läfst sich aber zur Erreichung dieses Zieles Bemerkenswertes thun durch eine sorgsame und verständige Auswahl des zu benutzenden Samens.

Die Erfahrungen, die hierbei erfolgreich leiten können, sind in der Kürze folgende :

Seine höchste Ausbildung erreicht ein Same erst dann, wenn er bis zur Totreife mit der Mutterpflanze in Verbindung bleibt.

Mutterpflanzen, die sich in allen ihren Art-Eigenschaften möglichst konstant erweisen, liefern in der Regel auch Samen, die in ihrer ganzen Entwicklung konstanter ausfallen, als solche, die selbst mehr oder weniger Neigung zum Variieren verraten.

Die Gröfße des Embryos und die Menge der demselben beigegebenen Reservahrung steht in einem nahen Verhältnisse zu der Gröfße des Samens, der dieselben enthält, und läfst sich mithin aus dem absoluten Gewichte des letzteren annähernd bestimmen.

(Aufser den im ersten Kapitel A. dieses Abschnitts mitgetheilten Versuchen können wir hierfür noch folgende Beobachtung anführen:

Eine Anzahl Gerstenkörner von gleichem spezifischen, aber verschiedenem absoluten Gewichte wurde in verdünnten Alkohol gebracht und um zu erweichen drei Tage darin belassen. Dann wurden von einem jeden derselben mit Hülfe eines Mikrotoms eine Anzahl Längsschnitte angefertigt und von letzteren derjenige, welcher die Mitte des Embryos am besten getroffen hatte, mit Hülfe einer camera lucida bei sechsfacher Vergröfserung aufgezeichnet.

Die Messung dieser Zeichnungen endlich ergab für die Längen- und Dickenverhältnisse der Samen einerseits und der Embryonen anderseits folgende Zahlen:

	Absolutes Gewicht der untersuchten Samen		
	20 mg	30 mg	55 mg
Länge der Samen	34 — 38 $\frac{1}{2}$	46 — 48 $\frac{1}{2}$	48 — 55 mm
Dicke „ „	8 $\frac{1}{2}$ —12	16 $\frac{1}{2}$ —17 $\frac{1}{2}$	17 — 20 „
Länge der Embryonen	12 — 15	17 — 20	17 $\frac{1}{2}$ —20 „
Dicke „ „	4 — 6	6 — 7 $\frac{1}{2}$	7 — 8 $\frac{1}{2}$ „

Das spezifische Gewicht der Samen scheint mit der mehr oder weniger guten Entwicklung des Embryos ebenso wie mit den Erblichkeitsanlagen desselben in keinem oder höchstens nur in einem ganz untergeordneten Zusammenhange zu stehen.)

Aus diesen Erfahrungen ergeben sich als einfache Regeln für die Auswahl der zu Kulturversuchen zu benutzenden Samen:

Bei der Beschaffung seines Saatgutes überlasse man nichts dem Zufalle, sondern sammle sich zunächst seinen Samenbedarf selbst von einer Pflanzenart oder -Varietät, die an die klimatischen Verhältnisse, unter denen man experimentieren will, gewöhnt ist und sich unter denselben schon möglichst konstant erwiesen hat.

Weiter entnehme man die Samen nur von solchen Mutterpflanzen, die gesund, normal und gut entwickelt sind und die Charaktermerkmale ihrer Art oder Varietät in allen ihren Teilen bestimmt und scharf ausgeprägt an sich tragen.

Sodann beschränke man sich gewissenhaft auf die Benutzung nur solcher Samen, die zweifellos an der Mutterpflanze den vollsten Reifegrad erlangt haben.

Und endlich suche man sich von diesen noch diejenigen Körner heraus, die, soweit dies äußerlich erkennbar ist, durchaus gesund und normal entwickelt sind, und die eine annähernd gleiche absolute Schwere haben.

Auch auf ein annähernd gleiches spezifisches Gewicht der zu verwendenden Samen mit Rücksicht zu nehmen, halten wir nach dem Gesagten nicht unbedingt für nötig, aber immerhin und umsomehr für empfehlenswert, weil es nur einen geringen Aufwand von Arbeit erfordert.

Alle diese Regeln, die hier für die Auswahl von Samen aufgestellt sind, gelten ebensogut und in vollem Umfange auch für Stecklinge, wie z. B. die Kartoffelknollen.

Werden diese Regeln sorgfältig und gewissenhaft bei der Beschaffung des Saatgutes befolgt, so werden die Gefahren, welche die verschiedene Individualität der einzelnen Samenkörner für Kulturversuche in kleinen Gefäßen zweifellos in sich birgt, zwar nicht ganz beseitigt, aber in hohem Grade vermindert.

Der praktische Landwirt kann im großen Betriebe nicht die gleiche Sorgfalt auf die Auswahl seines Saatgutes verwenden, — und

er hat es auch nicht so nötig. Immerhin aber wird auch er gut thun, sich nur die Verwendung der besten und vollkommensten Samen zur Regel zu machen, ganz besonders in allen den Gegenden, wo klimatische und Bodenverhältnisse eine kräftigere spätere Entwicklung der Pflanzen nicht unter allen Umständen garantieren.

ZWEITER ABSCHNITT.

Wurzel und Bodenvolumen.

Das Würzelchen ist derjenige Teil des Pflanzen-Embryos, an welchem der Beginn der Lebensthätigkeit am frühesten äußerlich bemerkbar wird, welcher sich am zeitigsten streckt und welcher zuerst die Samenhülle durchbricht. Die jugendliche Wurzel ist ferner derjenige Teil der weiterwachsenden Pflanze, dessen Entwicklung in den ersten Lebensphasen am raschesten und energischsten gefördert wird — rascher und energischer als die der oberirdischen Körperteile — und dessen Ausbildung schliesslich am frühesten von der Pflanze vollendet und abgeschlossen wird.

Die inneren Organe des später sich entwickelnden Stammteiles der Pflanze stehen im innigsten Zusammenhange mit denen der Wurzel, bilden zum Teil die direkte Fortsetzung derselben. Das gesamte Wachstum der oberirdischen Pflanze ist streng abhängig von dem Entwicklungsgrade, den die Wurzel erreicht. Nur wenn die letztere sich zu ihrer höchsten Vollkommenheit auszubilden vermag, kann sich die erstere in aller Üppigkeit entfalten. Es ist nicht möglich, das Wachstum der Wurzel zu beschränken, ohne die Entwicklung des Stammes und der Zweige zugleich mit zu hemmen.

Wie kraus und verworren auch das fertige Wurzelnetz einer Pflanze auf den ersten Blick erscheint, so ist doch bereits nachgewiesen, daß bei dem Aufbaue derselben gewisse Gesetze von der Natur befolgt werden; ja es wird erlaubt sein, zu vermuten, daß zuletzt jede Pflanzenart bei der Anlage ihrer Wurzel so gut eine be-

sondere und eigentümliche architektonische Idee verfolgt, wie bei der Anlage ihres oberirdischen Theiles. Ist aber diese Vermutung richtig, so wird man jeden Umstand, der geeignet ist, die Pflanze in der Verfolgung dieser Idee wesentlich zu hindern, als nachtheilig für die Vegetation derselben zu betrachten haben; man wird schliessen müssen, daß jede Pflanzenart so gut ihr bestimmtes Bodenvolumen verlangt um den höchsten Grad ihrer Ausbildung zu erreichen, wie ihre bestimmte Menge Kali oder Phosphorsäure, ja daß sogar die Form des ihr zur Ausnutzung verfügbaren Bodenkörpers nicht ganz gleichgültig ist.

Die einzelnen Zweige eines Wurzelsystems erreichen unter günstigen Umständen eine ganz bedeutende Länge. Bei der Rodung eines Waldstücks, an den Wurzelschößlingen der Chausseebäume hat man Gelegenheit genug dies zu beobachten. Aber auch die Wurzelfasern der krautartigen Pflanzen vermögen sich im Freien, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Pflanze nicht aus dem Boden ausrauft, sondern das Wurzelgeflecht derselben mit gehöriger Sorgfalt bloßlegt, zu Dimensionen zu strecken, die mit der Höhe und Weite der Glasgefäße, wie man sie zu Ernährungsversuchen gewöhnlich benutzt, in gar keinem Verhältnisse stehen.

Die junge im Wachstume begriffene Wurzelspitze ist immer weich und zart; nur wo sie Poren im Boden findet, vermag sie sich einzusenken; jeder feste Körper, dem sie auf ihrem Wege begegnet, hält sie im weiteren Vordringen auf; vermag sie ein ihr entgegenstehendes Hindernis nicht zu besiegen, so stirbt sie ab. In kleinen allseitig geschlossenen Gefäßen trifft aber die wachsende Pflanzenwurzel auf solche unbesiegbare Hindernisse natürlich überall viel früher als im freien Lande und zwar nicht bloß an den Wänden des Gefäßes, sondern auch innerhalb des Bodens selbst; denn Jeder, welcher sich mit Kulturversuchen beschäftigt hat, weiß, wie schwierig (und in gewissen Fällen geradezu unmöglich) es ist, dem Bodenmateriale in kleinen Gefäßen auf die Dauer einen ähnlichen Grad von Porosität und Gare zu bewahren, wie ihn dasselbe im freien Felde leicht von selbst erhält, und in welchem Maße schwieriger dies wird, je höher und enger die Gefäße sind, die man verwendet.

Freilich ist die Verzweigung der unteren Pflanzenachse an sich schon weit reicher, als die der oberen; wohl bei allen hier in Betracht kommenden Pflanzenarten ist die Summe der Wurzelfasern erster

zweiter, dritter Ordnung vielmal größer, als die der Stammäste und -Zweige. Wenn eine oder die andere Nebenwurzel der Pflanze verloren geht, so wird dies sicher eine geringere Bedeutung für sie haben, als wenn ihr ein oder zwei Zweige genommen werden. Soll man aber glauben, daß es ohne erheblichen Einfluß auf die Entwicklung des Gesamtorganismus bleiben könne, wenn mehrere, wenn die Mehrzahl der Wurzelzweige in ihrer normalen Ausbildung unterbrochen und gehemmt wird?

Und freilich ist auch die Reproduktionskraft der unteren Pflanzenachse eine weit größere als die der oberen. Zweigknospen entstehen am Stamme oder an Ästen nur in den Blattachseln, an den Wurzeln ist die Bildung von Seitenwurzelknospen nicht auf bestimmte Stellen beschränkt. Verloren gegangene Wurzelzweige werden demgemäß viel leichter und schneller durch andere ersetzt, als verunglückte Stammszweige. Aber dieser Ersatz muß notwendig immer mit einem gewissen Kraft- und Stoffaufwande verbunden sein, und muß zweifellos auch einmal schon deshalb seine Grenze finden, weil die Pflanzenwurzel so gut wie der Stamm die Fähigkeit Knospen zu bilden in dem Maße allmählich verliert wie sie älter wird.

Wenn man sich diese Sätze im Zusammenhange mit allen ihren Konsequenzen lebhaft vergegenwärtigt, so wird man unmöglich die hohe Bedeutung verkennen können, welche das Bodenvolumen für die Entwicklung der Wurzel und damit für das Wachstum der Pflanze zu erreichen vermag und gerade bei den Sandkulturversuchen erreichen muß.

Bei der Sandkultur nötigen den Experimentator eine Anzahl anderer sehr gewichtiger Gründe, das Bodenvolumen, resp. die Größe der zu verwendenden Gefäße auf das möglichst geringste Maß zu beschränken. Zunächst bringt diese Beschränkung allerdings einen unleugbaren großen Vorzug vor den Feldversuchen mit sich, indem sie die Pflanze zwingt, die in den geringen Bodenvolumen untergebrachten Nährstoffe bis zum äußersten und besten auszunutzen; aber sie birgt auch auf der anderen Seite eine nicht geringe Gefahr.

Von den in den engen Raum eingezwängten Wurzelfasern geht in allen Fällen ein mehr oder weniger großer Teil an den Widerständen, auf die er überall schon nach kurzem Wachstum trifft, zu Grunde, ehe er seine natürliche Ausbildung erreicht hat. Das aber muß ganz ähnliche Wirkung haben, wie eine oft wiederholte absicht-

liche Verschneidung des Wurzelwerks und kann nach dem oben Gesagten unmöglich ohne Einfluss auf die Produktion der ganzen Pflanze bleiben. Wie groß dieser Einfluss unter Umständen werden kann, lehrt uns der Apfelbaum, den uns der Gärtner als fruchttragenden Zwerg in einem gewöhnlichen Blumentopfe auf die Tafel setzt.

Eine ganze Menge für die Versuchsmethode gewichtiger spezieller Fragen entwickelte sich aus dieser Betrachtung, die der Agrikulturchemiker gar nicht unbeachtet lassen darf, wenn er seinen Resultaten die volle Gültigkeit sichern will. (Lediglich der Vernachlässigung dieses Punktes z. B. ist es zuzuschreiben, daß die übrigens vortrefflich veranlagten Kulturversuche des Fürsten Salm-Horstmar die Bedeutung für die Wissenschaft nicht erlangten, die sie anders sehr wohl hätten gewinnen können.)

Da wir uns von unserem Hauptzwecke nicht zu weit abdrängen lassen wollten, mußten wir leider darauf verzichten, die hier einschlagenden Fragen soweit zu verfolgen, wie wir bei dem hohen Interesse derselben sonst wohl gewünscht hätten. Wir hielten es aber für Pflicht, uns wenigstens soweit über dieselben zu orientieren, daß wir den Einfluss, den das Bodenvolumen auf den Erfolg in unseren Ernährungsversuchen ausüben konnte, bestimmt beurteilen lernten. Die diesbezüglichen Versuche finden in den nächstfolgenden Kapiteln ihre Beschreibung.

Erstes Kapitel.

Die Architektonik der Pflanzenwurzel.

Bei einer Gruppe nebeneinander stehender Fichten, Buchen, Eichen etc. drängt sich sofort schon dem oberflächlichen Beobachter die Wahrnehmung auf, daß ein jeder dieser Bäume nach einem strengen harmonischen Plane aufgebaut ist, und daß der Bauplan für jede Baumart ein verschiedener, aber für diese fest bestimmter und charakteristischer ist.

Für den ersten Moment mag es gewagt erscheinen, etwas Ähnliches auch von dem Wurzelnetze zu behaupten und von einer Architektur der Pflanzenwurzel zu sprechen. Aber man kann sich leicht überzeugen, daß eine kaum minder strenge Gesetzmäßigkeit und charakteristische Eigentümlichkeit im dem Aufbaue des Wurzelsystems der Gewächse sich geltend macht, wenn man die Vorsicht gebraucht, nur möglichst unverletzte und ohne störende Hindernisse gewachsene Wurzelnetze verschiedener Pflanzenarten mit einander zu vergleichen.

Man halte das normal gewachsene Wurzelnetz einer Gersten-, einer Buchweizen- und einer Kleepflanze, alle in gleichem Alter genommen, nebeneinander und man wird sowohl was den Totaleindruck, den Habitus der drei Objekte, als was die Einzelheiten in Bau, Entwicklung, Stellung der einzelnen Glieder derselben betrifft, nicht weniger charakteristische Arten-Unterschiede finden, als an der oberirdischen Achse der drei Gewächse.

Es ist nicht schwer, die Ursachen zu bezeichnen, welche die eigentümlichen Verschiedenheiten in der Entwicklung der Wurzelsysteme bedingen.

Viele Pflanzenarten treiben zunächst eine einzige kräftig entwickelte Hauptwurzel — Pfahlwurzel —, an die sich das ganze Netz von Faserwurzeln als Ausgangspunkt anschließt. Andere Arten entwickeln statt der schon im Embryonalzustande verkümmerten Pfahlwurzel gleich von Haus aus eine mehr oder weniger große Anzahl gleichwertiger Wurzelzweige erster Ordnung.

An diesen Hauptachsen erscheinen die Nebenwurzeln nicht ungeordnet und zufällig, sondern treten, wie Sachs nachgewiesen hat, in regelmäßigen geradlinigen Reihen auf, welche zu den darüber befindlichen Blattgebilden des Stammes in offener Beziehung stehen. Die Zahl dieser Reihen (Orthostichen) und ihre Stellung zu den Stammblättern ist bei verschiedenen Pflanzenarten ungleich und für die Art charakteristisch.

Dies sind schon zwei Momente, welche auf den Habitus des ganzen Wurzelgewebes einen entscheidenden Einfluß üben, es sind aber nicht die einzigen.

Bei gewissen Pflanzen erscheinen, wie man sich leicht weiter überzeugen kann, die Nebenwurzeln in ihren Orthostichen ganz regelmäßig und in geringer Entfernung von einander; bei anderen kommen

sie stets unregelmäßig in oft weiten Zwischenräumen und lückenhaft zum Vorschein.

Einzelne Pflanzenarten fördern ihre Nebenwurzeln sämtlich mit gleicher Energie vorwärts, sodafs die ältesten immer auch zugleich die längsten sind und am frühesten mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung besetzt werden; bei anderen werden einzelne Partien der Nebenwurzeln im Wachstume auffällig begünstigt, so dafs sie den übrigen in der Entwicklung weit vorausseilen, und zwar sind dies wieder bei gewissen Pflanzenarten konstant die obersten zuerst angelegten Partien, bei anderen aber die unteren und jüngeren.

Auf diese Weise bildet jede Pflanze ihre Wurzel, soweit sie dieselbe ungehindert zu entwickeln vermag, eben so gut zu einem bestimmten charakteristischen Habitus heraus, wie ihre Stammpartie, und man wird mit demselben Rechte von gewissen architektonischen Typen bei den Wurzeln sprechen dürfen, wie man von solchen bei den Baumformen spricht.

Wir nahmen Gelegenheit, uns das Wurzelwerk der Erbse, Bohne und Lupine in verschiedenen Altersstufen nach dieser Richtung hin etwas genauer anzusehen und fanden die Grundform, nach der sich dasselbe aufbaut, bei allen drei Arten, obgleich sie ganz nahe verwandt sind, grundverschieden.

Um das gewünschte Material für die Beobachtungen zu erhalten, wurde eine grofse Holzkiste zirka 60 cm hoch mit Sägespänen (leicht eingedrückt) gefüllt und in letztere wurden wiederholt in Zwischenräumen von acht bis vierzehn Tagen eine Partie vorher angequellte Samen der genannten drei Gewächse eingesät, bis der disponible Bodenraum dicht mit jungen Pflanzen besetzt war. Mit Brunnenwasser begossen entwickelten sich die letzteren eine Zeit lang ganz zufriedenstellend. Als aber nach Verlauf von sechs bis acht Wochen die ältesten Pflanzen vermutlich wegen eintretenden Nährstoffmangels sichtlich zu leiden begannen, wurde die Kiste vorsichtig und ohne den Inhalt zu stören auseinander geschlagen (wozu dieselbe schon bei der Aufstellung vorbereitet war) und die Sägespänmasse aus den Pflanzenwurzeln mittels einer Giefskanne fortgewaschen. Zunächst blieb hierbei das Wurzelwerk aller Pflanzen in einer so dicht durcheinander verflochtenen Masse zurück, dafs es unentwirrbar erschien. Als man aber hierauf das Ganze in ein geräumiges Bassin brachte, liefs sich

unter Wasser mit ziemlicher Leichtigkeit Pflanze für Pflanze ohne Verletzung herauslösen.

Die genauere Betrachtung des so gewonnenen Materials führte zu folgender Ansicht über die typischen Formen, nach welchen sich die Wurzeln bei den drei Pflanzenarten bilden.

D i e E r b s e

besetzt ihre kräftige Pfahlwurzel frühzeitig, dicht und ziemlich regelmäßig mit Nebenwurzeln erster Ordnung, indem sie damit meistens unmittelbar an der Ursprungsstelle der Hauptwurzel beginnt. Von diesen Nebenwurzeln zeigt ein Teil sofort ein sehr energisches Längenwachstum.

Von unseren ganz jungen Erbsenpflänzchen hatte

Nro. 1 eben das erste Blatt entwickelt; seine Pfahlwurzel maß 170 mm in der Länge und trug auf den ersten 40 mm von oben gerechnet 27 Nebenwurzeln, von denen die kleinsten 5, die größten aber schon 40 mm lang waren.

Nro. 2 in der Entwicklung der Nro. 1 gleich; Pfahlwurzel: 150 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 35 mm: 22 Nebenwurzeln; die letzteren von 43 bis 3 mm lang.

Nro. 3 Entwicklung gleich Nro. 1; Pfahlwurzel: 250 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 50 mm: 29 Nebenwurzeln; letztere 30 bis 3 mm lang.

Nro. 4 Entwicklung wie Nro. 1; Pfahlwurzel: 173 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 38 mm: 30 Nebenwurzeln; diese von 40 bis 3 mm lang.

Nro. 5 Entwicklung wie Nro. 1; Pfahlwurzel: 220 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 38 mm: 30 Nebenwurzeln; diese von 40 bis 3 mm lang.

Nro. 6 etwas älter, als die vorhergehenden fünf Pflänzchen und in Begriff das zweite Blatt zu entwickeln; Pfahlwurzel: 210 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 60 mm: 46 Nebenwurzeln; letztere von 35 bis 2 mm lang.

Nro. 7 Entwicklung gleich Nro. 6; Pfahlwurzel: 290 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 56 mm: 38 Nebenwurzeln; diese von 30 bis 3 mm lang.

Nro. 8 in der Entwicklung soweit wie Nro. 6; Pfahlwurzel: 320 mm lang; auf der Strecke von 10 bis 90 mm: 49 Nebenwurzeln; letztere von 32 bis 2 mm lang.

Nro. 9 Entwicklung wie Nro. 6; Pfahlwurzel: 310 mm lang; auf der Strecke von 17 bis 87 mm: 47 Nebenwurzeln; diese von 35 bis 2 mm lang.

Nr. 10 Entwicklung gleich Nro. 6; Pfahlwurzel: 220 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 80 mm: 50 Nebenwurzeln; diese von 50 bis 2 mm lang.

Nr. 11 hatte das zweite Blatt voll entwickelt; Pfahlwurzel: 360 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 112 mm: 76 Nebenwurzeln; die letzteren von 42 bis 2 mm lang.

Die jungen Erbsenpflänzchen trugen hiernach berechnet an dem obersten Teile ihrer Hauptwurzel:

	Nebenwurzeln		
	auf je 10 mm Länge der Pfahlwurzel durchschnittlich Stück	durchschnittlich lang	
		in mm	die Länge der Pfahlwurzel = 100 gesetzt
Nro. 1.	6,8	23	14
" 2.	6,3	23	15
" 3.	5,8	17	7
" 4.	7,9	22	13
" 5.	5,7	22	10
" 6.	7,7	19	9
" 7.	6,8	17	6
" 8.	5,4	17	5
" 9.	5,4	19	6
" 10.	6,2	26	12
" 11.	6,8	22	6
im Mittel: 6,4		21	9

Bei der ferneren Entwicklung der Erbsenpflanze geht die Bildung von Nebenwurzeln an der Pfahlwurzel ziemlich regelmäÙig weiter, jedoch mit der Maßgabe, daß dieselben immer weniger dicht gestellt werden, je entfernter vom Anfangspunkte der Hauptwurzel sie

entstehen. Als besonders charakteristisch und für die Architektur des ganzen Wurzelgewebes bestimmend macht sich zugleich der Umstand bemerklich, daß die Nebenwurzeln unter sich insofern eine sehr ungleiche Wachstumsenergie zeigen, als eine verhältnismäßig geringe Anzahl der ältesten den übrigen in der Entwicklung weit vorseilt, sich bald mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung bedeckt und gewissermaßen in Vergleich zu den übrigen ein zweites System von Hauptwurzeln bildet.

Folgende Beobachtungen an einigen der schon älteren von unseren Erbsenpflanzen können dazu dienen, beide Punkte in das rechte Licht zu stellen:

Pflanze Nro. 12 hatte fünf Blätter entwickelt; die Pfahlwurzel derselben hatte eine Länge von 380 mm; auf der Strecke von 0 bis 95 mm (von oben) standen 58 Nebenwurzeln, die von 350 bis 80 mm lang waren und von denen sich die längsten schon reichlich mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung besetzt zeigten.

Auf dem zweiten Viertel der Pfahlwurzel von 95 bis 190 mm standen 50 Nebenwurzeln erster Ordnung 130 bis 40 mm lang.

Auf der Strecke von 190 bis 285 mm wurden 41 Nebenwurzeln von 60 bis 30 mm Länge gefunden.

Das letzte Viertel der Pfahlwurzel von 285 bis 380 mm endlich liefs noch 25 Nebenwurzeln à 45 bis 10 mm lang bemerken.

Pflanze Nro. 13 hatte vier Blätter entwickelt; ihre Pfahlwurzel maß 440 mm in der Länge; an dieser wurden von oben herab Nebenwurzeln gezählt:

Auf der Strecke von	0—110 mm	54 Stück	von 310—70 mm lang	
			und zum Teil mit Nebenwurzeln	
			zweiter Ordnung besetzt,	
„ „ „ „	110—220	„ 48	Stück von 85—30 mm lang	
„ „ „ „	220—330	„ 36	„ „ 50—20	„ „
„ „ „ „	330—440	„ 24	„ „ 20—3	„ „

Pflanze Nro. 14 in der Entwicklung gleich Nro. 13. Länge der Pfahlwurzel: 500 mm. Daran Nebenwurzeln:

Auf der Strecke von	0—125 mm	69 Stück	von 350—20 mm Länge,	
„ „ „ „	125—250	„ 55	„ „ 100—50	„ „
„ „ „ „	250—375	„ 42	„ „ 60—20	„ „
„ „ „ „	375—500	„ 26	„ „ 20—4	„ „

Die längsten dieser Nebenwurzeln trugen auch hier schon ein reiches Fasersystem zweiter Ordnung.

Pflanze Nro. 15, in der Entwicklung des fünften Blattes begriffen, hatte eine 500 mm lange Pfahlwurzel und trug auf ihrer obersten Strecke von 0 bis 10 mm zehn Stück weit entwickelte Nebenwurzeln, welche alle ein mehr oder weniger stark entwickeltes Fasersystem zweiter Ordnung aufwiesen und folgende Längen ergaben:

150 mm	}	(Die Nebenwurzeln zweiter Ordnung hatten hier bereits eine Länge bis zu 55 mm erreicht.)
285 "		
344 "		
380 "		
280 "		
280 "		
330 "		
340 "		
230 "		
160 "		

Auf der Strecke von 10 bis 125 mm der Pfahlwurzel folgten dann noch weitere 64 Nebenwurzeln 120 bis 35 mm lang und ohne Ansätze zweiter Ordnung; dann:

Auf der Strecke von 125—250 mm	39 Stück	40—15 mm lang,
" " " " 250—375 "	36 "	20—4 " "
" " " " 375—500 "	noch 3	Nebenwürzelchen,
	ca. 5 mm lang	und einige warzenförmige Ansätze.

Pflanze Nro. 16 in dem gleichen Entwicklungsstadium wie Nro 15. Pfahlwurzel: 480 mm lang; an dieser Nebenwurzeln: auf der Strecke von 0 bis 30 mm 19 Stück, weit entwickelt und zum größten Teile mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung.

Länge dieser 19 Nebenwurzeln erster Ordnung:

99 mm	285 mm	350 mm
330 "	230 "	230 "
240 "	285 "	235 "
250 "	240 "	365 "
240 "	315 "	200 "
300 "	370 "	190 "
180 "		

Weiter standen an der Pfahlwurzel:

Auf d. Strecke von 30—120 mm:	30 Nebenwurzeln	erster Ord.	110—20 mm lang,
" " " " 120—240 "	50 "	" "	50—15 " "
" " " " 240—360 "	23 "	" "	20—5 " "
" " " " 360—480 "	13 "	" "	von 6—1 " "

und außerdem noch einige warzenförmige Ansätze.

Pflanze Nro. 17, mit den vorbeschriebenen Pflanzen ziemlich gleichalterig, hatte ihren Stengeltrieb gleich am ersten Internodium verzweigt und machte im ganzen einen etwas kümmerlichen Eindruck.

Pfahlwurzel: 440 mm lang.

Nebenwurzeln: Von 0—30 mm der Hauptwurzel 12 Stück

253 mm lang	} und größtenteils mit einem schon ziemlich entwickelten Fasersysteme zweiter Ordnung besetzt.
318 „ „	
190 „ „	
260 „ „	
242 „ „	
307 „ „	
160 „ „	
146 „ „	
270 „ „	
250 „ „	
120 „ „	
160 „ „	

Dann weiter:

Auf der Strecke von 30—110 mm	43 Stück	105—40 mm lang,
„ „ „ „	110—220 mm	38 „ 56—10 mm „
„ „ „ „	220—300 mm	noch einige winzige Wurzelansätze und
„ „ „ „	300—440 mm	nichts.

Um das Bild der Verteilung, Dichte und Entwicklung des Nebenwurzelnetzes deutlich zu machen, berechnen wir hier für jede der beobachteten Pflanzen — einerseits die Menge der Nebenwurzeln, welche in den vier Vierteln der Pfahlwurzel durchschnittlich auf einer Strecke von 10 mm gezählt wurden und — anderseits die mittlere Länge der Nebenwurzeln im Verhältnis zur Länge der Pfahlwurzel, letztere = 100 gesetzt.

Auf je 10 mm Länge der Pfahlwurzel saßen hiernach Nebenwurzeln durchschnittlich Stück

	am obersten Viertel	zweiten Viertel	dritten Viertel	untersten Viertel	an d. ganzen Pfahlwurzel
Pflanze Nro. 12	6,1	5,3	4,3	2,6	4,6
„ „ 13	4,9	4,4	3,3	2,2	3,7
„ „ 14	5,5	4,4	3,4	2,1	3,8
„ „ 15	5,9	3,1	2,9	0,2	3,0
„ „ 16	4,9	3,7	1,9	1,1	2,9
<hr/>					
Im Mittel der fünf Pflanzen	5,5	4,2	3,2	1,6	3,6

Die relative Länge der Nebenwurzeln im Verhältnis zur Pfahlwurzel, letztere = 100 gesetzt, betrug:

		Bei Pflanze Nro. 15:	
Auf der obersten Strecke	der Pfahlwurzel (0— 2):	von 32—76, im Mittel	56
Weiter am ersten Viertel	" " (2— 25):	" 24— 7, " "	16
Am zweiten " "	" " (25— 50):	" 8— 3, " "	6
" dritten " "	" " (50— 75):	" 4— 1, " "	3
" untersten " "	" " (75—100):	" 1— 0, " "	1
		Bei Pflanze Nro. 16:	
Auf der obersten Strecke	der Pfahlwurzel (0— 6):	von 21—77, im Mittel	54
Weiter am ersten Viertel	" " (6— 25):	" 23— 4, " "	14
Am zweiten " "	" " (25— 50):	" 10— 3, " "	7
" dritten " "	" " (50— 75):	" 4— 1, " "	3
" untersten " "	" " (75—100):	" 1— 0, " "	1
		Bei Pflanze Nro. 17:	
Auf der obersten Strecke	der Pfahlwurzel (0— 7):	von 27—72, im Mittel	51
Weiter am ersten Viertel	" " (7— 25):	" 24— 9, " "	16
Am zweiten " "	" " (25— 50):	" 13— 2, " "	8
" dritten " "	" " (50— 75):	" 1— 0, " "	1
" untersten " "	" " (75—100):	" 0, " "	0

und das ist im Durchschnitte der drei Pflanzen Nro. 15 bis Nro. 17:

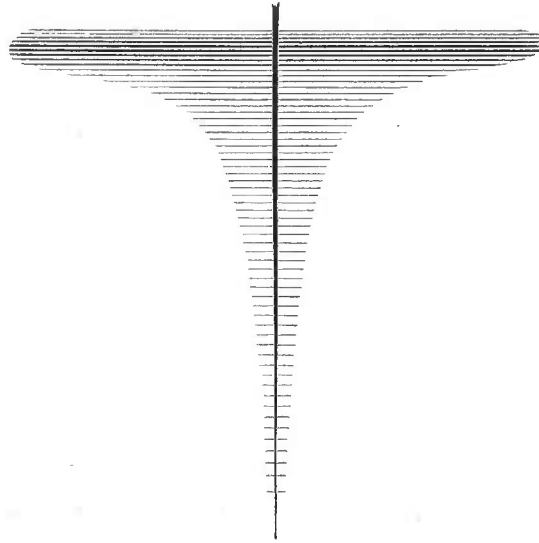
Auf der obersten Strecke der Pfahlwurzel (0—5):	54
Weiter am ersten Viertel " " (5—25):	15
Am zweiten " " (25—50):	7
" dritten " " (50—75):	2
" untersten " " (75—100):	1

Diese Dichtigkeits- und Längenverhältnisse des Wurzelwerks der Erbse lassen sich durch die beigezeichnete Fig. 1 (a. f. S.) versinnbildlichen.

Bei der weiteren Entwicklung der Pflanze verhält sich der vorstehend geschilderte eigentümliche Charakter in dem Baue der Wurzel unverändert oder tritt noch schärfer und deutlicher hervor. Die Pfahlwurzel wächst zwar noch langsam weiter, immer noch neue Nebenwurzeln erster Ordnung bildend; die durch Wachstumsenergie sich besonders auszeichnenden einzelnen Nebenwurzeln aber schreiten in rascherem Tempo vor, und erreichen, ja übertreffen sogar die Hauptwurzel an Länge und selbst an Reichtum von Nebenwurzeln zweiter Ordnung. Die Pfahlwurzel verliert ihre frühere hervorragende Stellung im Wurzelsysteme allmählich gänzlich und ist nur mit Mühe aus den übrigen herauszufinden.

Eine ältere von unseren Erbsenpflanzen,
Pflanze Nro. 18, war im Begriffe, ihr neuntes Blatt zu ent-
wickeln. Die Länge ihrer Pfahlwurzel betrug 500 mm.

Fig. 1.



Von den vier ältesten Nebenwurzeln erster Ordnung, welche dicht an dem Anfangspunkte der Pfahlwurzel von 0 bis 6 mm standen, maßen

die erste: 430 mm und war von ihrem Ursprungspunkte bis zur Länge von 370 mm dicht mit dünnen Fasern zweiter Ordnung besetzt, welche letzteren bis zu 25 mm lang waren;

die zweite: 530 mm, war bis zu einer Länge von 450 mm dicht mit haarfeinen Nebenwurzeln zweiter Ordnung versehen, die teilweise eine Länge von 60 mm erreichten;

die dritte: 670 mm lang, trug an Nebenwurzeln zweiter Ordnung:

Auf der Strecke von 10—167 mm:	57 Stück	} bis zu 70 mm lang;
„ „ „ „ 167—367 mm:	100 „	
„ „ „ „ 367—525 mm:	60 „	

die vierte: 585 mm lang, war bis 450 mm wie die vorigen dicht mit Faserzweigen bewachsen.

Unterhalb dieser besonders begünstigten vier Wurzelzweige folgten zunächst auf der Strecke von 6 bis 33 mm der Pfahlwurzel 13 Nebenwurzeln erster Ordnung von folgenden Längen:

205 mm	270 mm	} und sämtlich noch mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung mehr und weniger reich besetzt.
90 "	85 "	
45 "	30 "	
290 "	56 "	
70 "	50 "	
345 "	120 "	
27 "		

Auf der Strecke von 33 bis 173 mm der Pfahlwurzel wurden ferner 67 Nebenwurzeln gezählt, die teilweise noch eine Länge bis 130 mm erreichten, aber keine Nebenzweige zweiter Ordnung mehr trugen.

Und unter diesen war die Pfahlwurzel noch bis 420 mm ihrer Länge reich mit jungen Nebenwurzeln erster Ordnung bekleidet, deren Länge nicht weiter als von 1 bis 30 Millimetern reichte.

Eine andere noch etwas ältere Erbse, Pflanze Nr. 19, welche es bis zur Entwicklung von 13 Blättern gebracht hatte, zeigte eine Pfahlwurzel von 650 mm Länge.

Auf dem obersten Teile dieser letzteren, und zwar von 0 bis 50 mm, saßen 23 Nebenwurzeln, deren Länge wie folgt festgestellt werden konnte:

500 mm	} Diese Wurzeln waren sämtlich von ihrer Basis bis ziemlich zur Spitze dicht mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung besetzt, von denen ein Teil schon zahlreiche Zweige dritter Ordnung trug.
320 "	
650 "	
685 "	
590 "	
625 "	
360 "	
600 "	

520 "	} Auch diese Wurzeln waren noch sämtlich mit Nebenzweigen zweiter Ordnung versehen, wenn auch die kleineren weniger dicht.
220 "	
480 "	
180 "	
490 "	
125 "	
290 "	
115 "	
185 "	
115 "	
185 "	
65 "	
245 "	
320 "	
275 "	

Von hier an nahmen die bis zu einer Länge von 650 mm der Pfahlwurzel lückenlos und sehr zahlreich entwickelten Nebenwurzeln erster Ordnung rasch an Länge ab. Nur wenige noch überschritten um ein Kleines die Länge von 100 mm und trugen einzelne kurze Nebenwürzelchen zweiter Ordnung.

Die Erbsenwurzel zeichnet sich nach dem Gesagten durch eine außerordentlich reiche Verzweigung aus. Gleich an der Ursprungsstelle der Hauptwurzel werden frühzeitig eine Anzahl Glieder angelegt und rasch zu einer bedeutenden Vollkommenheit gefördert, welche sich gegenseitig unterstützen, ergänzen und im Notfalle vollständig vertreten können. Man wird deshalb annehmen dürfen, daß die Erbse Störungen, welche einzelne Glieder des Wurzelgewebes — und sei ein solches Glied selbst die Pfahlwurzel — in ihrer Entwicklung treffen, verhältnismäßig leicht überwindet. Die Beobachtung schien uns diese Annahme zu bestätigen. Als wir nämlich unsere mit Sägespänen gefüllte Kiste ein zweites Mal mit der Abänderung bestellten, daß wir diesmal die Späne beim Einbringen möglichst fest zusammendrückten, zeigte sich, daß die Wurzeln vieler Pflanzen in ihrer normalen Entwicklung gehindert, daß besonders häufig die Pfahlwurzel verkümmert und abgestorben war. Diese Bemerkung machte man aber erst nach der Ernte; während der Vegetation der Erbsen hatte man keine Veranlassung, einzelne Pflanzen für krank zu halten, auch konnte man bei der Ernte nicht konstatieren, daß der oberirdische Teil der Pflanzen mit normal entwickelter Wurzel wesentlich besser und kräftiger entwickelt sei, als der Stengelteil der Exemplare, welche ihre Pfahlwurzel verloren hatten.

Die Pflanze Nro. 20 war in der Entwicklung des dritten Blattes begriffen.

An Stelle der abgestorbenen Pfahlwurzel war nur noch ein 8 mm langer Stumpf vorhanden. An diesem aber standen nicht weniger als 14 Nebenwurzeln erster Ordnung dicht zusammengedrängt und alle ziemlich weit entwickelt. Bei der näheren Besichtigung derselben fand man:

Die Neben- wurzeln erster Ordn.	Auf der Strecke von bis	besetzt mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung	
		Stück	lang mm
lang			
mm	mm		
100-	40— 85	14	8—30
113	25— 60	10	12—40
105	30— 80	16	3—35
86	45— 55	2	1
70	20— 45	6	5—15
110	35— 75	12	10—35
112	30— 45	2	2— 4
48	—	0	—
65	—	0	—
100	40— 60	4	10—24
110	40— 85	12	4—10
100	30— 75	18	5—25
155	40—110	16	3—15
240	50— 90	10	2— 8

Bei einer ganz ähnlichen

Pflanze Nro. 21, welche kurz vorher das vierte Blatt getrieben hatte, stellten sich die Längen- und Zahlenverhältnisse der an dem kurzen Stumpfe der verloren gegangenen Pfahlwurzel stehenden Zweige:

Die Neben- wurzeln erster Ordn.	Auf der Strecke von bis	besetzt mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung	
		Stück	lang mm
lang			
mm	mm		
150	—	0	—
215	20—115	28	1— 9
270	25—170	25	1—19
130	20— 65	11	2—11
152	22— 70	13	1—12
190	25—136	32	1—15
270	15—240	36	1—32
276	15—140	30	1—25
150	20—140	31	3—24

Eine ältere, **Pflanze Nro. 22**, welche acht voll entfaltete Blätter trug, hatte aus dem kurzen Stumpfe ihrer verunglückten Pfahlwurzel zehn Nebenwurzeln trotz mannigfaeher Hindernisse, denen auch diese wieder begegnet waren, so reich entwickelt, dafs der Gesamteindruck, den das Wurzelnetz machte, die fehlende Hauptwurzel nicht vermissen liefs.

Die Nebenwurzel erster Ordnung:

a. teilte sich, nachdem sie eine Länge von 100 mm erreicht hatte, in zwei Zweige, von denen der eine noch weitere 255 mm, der andere 190 mm lang waren. Die Wurzel war bis etwa 50 mm von der Spitze der beiden Zweige entfernt dicht mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung besetzt;

b. trennte sich kurz hinter ihrem Ursprunge in zwei selbständige Zweige, von denen

α. 460 mm lang und bis zur Länge von 390 mm dicht mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung bestanden war;

β. teilte sich auf einer Länge von 25 mm noch einmal in einen 295 mm und 170 mm langen Nebenzweig, beide mit Nebenwurzeln reich bekleidet.

c. 530 mm lang,

d. 475 " "

e. 220 " "

f. 150 " "

g. nach Verlauf von 40 mm geteilt in

α. 215 mm lang und

β. 265 " "

h. 400 mm lang,

i. 520 " "

k. 540 " "

Alle mit zahlreichen Nebenwurzeln zweiter Ordnung versehen.

Die letzte Nebenwurzel k. hatte scheinbar die Rolle der verloren gegangenen Hauptwurzel zu übernehmen versucht. Die außerordentlich dünnen Nebenwurzeln zweiter Ordnung waren von ihr noch zahlreicher als von den anderen angelegt und zu einer merklich größeren Länge — die älteren bis zu 140 mm — gefördert, alle aber noch ohne Nebenwurzeln dritter Ordnung.

Eine noch älter gewordene,

Pflanze Nro. 23, welche zwölf Blätter gebildet hatte, trug an dem 10 mm langen Stumpfe der verlorenen Pfahlwurzel sechs Nebenwurzeln erster Ordnung, von denen drei schwächlich, aber drei so reich entwickelt waren, wie sonst nur kräftig gebildete Hauptwurzeln. Über die Längenverhältnisse derselben wurde notirt:

Nebenwurzel a. war 560 mm lang, sehr kräftig und bis zur Spitze dicht mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung besetzt, unter denen sich solche von 150 mm Länge befanden.

b. 520 mm lang, schwächlich und nur bis zu einer Länge von 150 mm reich mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung bekleidet.

e. 735 mm lang, sehr stark und kräftig, bis zur Spitze reich mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung versehen, die wieder ihrerseits zahlreiche Nebenzweige dritter Ordnung — bis zu 15 mm Länge — trugen.

d. 250 mm lang und schwächlich.

e. 160 mm lang, ähnlich der vorhergehenden.

f. sehr stark und kräftig, teilte sich bei 40 mm Länge in zwei gut gebildete Zweige, von denen

α. 600 mm lang und bis 510 mm dicht mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung besetzt war;

β. 475 mm lang, trug bis 390 mm zahlreiche Seitenzweige.

Die Bohne (*Vicia faba*)

treibt an ihrer schönen und besonders kräftigen Pfahlwurzel nicht minder früh wie die Erbse und ebenfalls dicht unter den Kotyledonen beginnend zahlreiche Nebenwurzeln in dichter Stellung und auffallend regelmässiger Folge. Diese Nebenwurzeln sind erheblich stärker und steifer, als die der Erbse und zeigen im Verhältnis zur Pfahlwurzel ein weniger energisches und ein gleichmässigeres Längenwachstum.

Neun ganz jugendliche Pflänzchen der Pferdebohne lieferten uns folgende Notizen:

Nro. 1. Kurz nach dem Aufgehen, das erste Blatt noch nicht entfaltet, ergab als Länge der Pfahlwurzel 230 mm; auf der obersten Strecke derselben von 0 bis 30 mm fanden sich zehn Nebenwurzeln erster Ordnung von 8 bis 2 Millimeter lang.

Nro. 2. Gleichaltrig mit Nro. 1; Pfahlwurzel 280 mm, auf der Strecke von 0 bis 20 mm der letzteren acht Nebenwurzeln; Länge derselben 10 bis 2 mm.

Nro. 3. In der Entwicklung gleich Nr. 1; Länge der Pfahlwurzel 303 mm; von 0 bis 30 mm auf letzterer 18 Nebenwurzeln von 13 bis 2 mm Länge.

Nro. 4. Ein wenig älter, als die beiden vorhergehenden, im Begriffe, das erste Blatt zu entfalten; Länge der Pfahlwurzel 280 mm; auf der Strecke von 0 bis 42 mm 37 Nebenwurzeln erster Ordnung von einer Länge zwischen 22 und 4 mm (unterhalb der letzteren waren noch bis zu 120 mm Länge der Pfahlwurzel zahlreiche warzenförmige Anfänge von Nebenwurzeln bemerkbar, die aber, wie alle weniger als 1 mm langen Gebilde, niemals mitgezählt wurden).

Nro. 5. In der Entwicklung wie Nro. 4; Pfahlwurzel 330 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 30 mm derselben 25 Nebenwurzeln von einer Länge zwischen 20 und 2 mm.

Nro. 6. Entwicklung gleich Nro. 4; Pfahlwurzel 300 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 30 mm 22 Nebenwurzeln; die letzteren 20 bis 2 mm lang.

Nro. 7. Entwicklung gleich Nro. 4; Pfahlwurzel 315 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 40 mm 26 Nebenwurzeln; Länge der letzteren 20 bis 2 mm.

Nro. 8. In der Entwicklung mit Nro. 4 gleich; Pfahlwurzel 370 mm lang; auf der Strecke von 0 bis 50 mm 41 Nebenwurzeln; letztere von 33 bis 4 mm lang.

Nro. 9. In der Entwicklung der Nro. 4 nur wenig voraus; Länge der Pfahlwurzel 360 mm; auf der Strecke von 0 bis 70 mm derselben 43 Nebenwurzeln; letztere von 31 bis 3 mm lang.

Läfst man, um einen richtigen Vergleich mit den oben beschriebenen jungen Erbsenpflänzchen zu ermöglichen, die drei jugendlichsten Exemplare, Nr. 1 bis 3, unserer Bohnen außer Berücksichtigung, so berechnen sich:

	Die durchschnittliche Anzahl der Nebenwurzeln, die auf je 10 mm Länge der Pfahlwurzel standen	Die durchschnittliche Länge der Nebenwurzeln	
		in mm	die Länge der Pfahlwurzel = 100 gesetzt
bei Nro. 4.	8,8	13	5
„ „ 5.	8,3	11	3
„ „ 6.	7,3	11	4
„ „ 7.	6,5	11	4
„ „ 8.	8,2	19	5
„ „ 9.	6,1	17	5
Im Mittel	7,5	14	4

In der weiteren Entwicklung verhält sich die Bohnenwurzel der Erbsenwurzel zunächst insofern ähnlich, als die Stellung der Nebenwurzeln erster Ordnung an der Hauptwurzel nach unten hin immer loeckerer wird — die Abnahme in der Dichte des Wurzelgeflechtes geht hier nur etwas schneller vor sich als dort —; ein Hauptunterschied zwischen den beiden Arten macht sich aber sehr bald dadurch geltend, daß bei der Bohne nicht einzelne Nebenwurzeln ein Übergewicht über die anderen gewinnen; alle Seitenzweige verlängern sich mit ungefähr gleicher Energie, so daß die Länge derselben von den ältesten zu den jüngsten zu allen Zeiten eine sehr regelmäßige Stufenfolge aufweist. Der ganze Bau der Bohnenwurzel erhält hierdurch etwas streng Gesetzmäßiges und stellt, wenn man sich die Nebenwurzeln alle horizontal ausgebreitet denkt, ziemlich genau einen umgekehrten Kegel dar. Die Pfahlwurzel bleibt hier immer dominierend.

Wir lassen zur Illustrierung dieser Verhältnisse die Beschreibung von den Wurzeln einiger im Wachstum weiter vorgeschrittenen Bohnenpflanzen folgen:

Pflanze Nro. 10 trug drei entfaltete Blätter; die Pfahlwurzel derselben hatte eine Länge von 360 mm; auf der Strecke von 0 bis 90 mm derselben standen 46 Nebenwurzeln erster Ordnung zwischen 120 und 190 mm lang und sämtlich noch ohne Ansätze von Nebenwurzeln zweiter Ordnung; über diesen waren noch nachträglich hart unter den Kotyledonen fünf junge Adventiv(?) -Wurzeln herausgebrochen; weiter standen auf der Strecke von 90 bis 180 mm der Pfahlwurzel 32 Nebenwurzeln 100 bis 60 mm lang:

Auf der Strecke von 180—270 mm: 25 Nebenwurzeln 60—12 mm lang, und
 " " " " 270—360 " 10 " 6—1 " "

Pflanze Nro. 11, auf demselben Entwicklungsstande wie Nro. 10. Länge der Pfahlwurzel 400 mm, auf dieser wurden von oben herab Nebenwurzeln gezählt:

Auf der Strecke von 0—100 mm: 50 Stück von 170—120 mm lang mit kleinen
 Ansätzen zu Nebenwurzeln zweiter Ordn.
 " " " " 100—200 " 28 Stück von 100—60 mm lang,
 " " " " 200—300 " 13 " " 70—50 " "
 " " " " 300—400 " 9 " " 40—20 " "

Pflanze Nro. 12, in der Entwicklung ebenfalls der Nro. 10 gleich. Die Pfahlwurzel war 444 mm lang; an derselben standen Nebenwurzeln:

Auf der Strecke von 0—111 mm: 91 Stück zwischen 180 und 70 mm lang, noch keine derselben trug Seitenzweige zweiter Ordnung.

"	"	"	"	111—222	"	38	Stück	von	144—46 mm	Länge,
"	"	"	"	222—333	"	22	"	"	50—10	"
"	"	"	"	333—444	"	3	"	"	10—2	"

Pflanze Nro. 13, trug vier entfaltete Blätter. Länge der Pfahlwurzel 444 mm. Daran Nebenwurzeln:

Auf der Strecke von 0—111 mm: 71 Stück von 180—75 mm lang, sämtlich noch ohne Ansätze zu Nebenfasern zweiter Ordnung.

"	"	"	"	111—222 mm:	36	Stück	zwischen	130	und	30 mm	lang,
"	"	"	"	222—333	"	20	"	"	46	"	4
"	"	"	"	333—444	"	nur eine Anzahl kurzer Anfänge von weniger als 1 mm Länge.					

Pflanze Nro. 14, drei Blätter entfaltet und in der Entwicklung des vierten begriffen. Die Pfahlwurzel derselben hatte eine Länge von 320 mm und trug auf ihrer obersten Strecke von 0 bis 80 mm in Summa 64 Nebenwurzeln, deren Länge in Millimetern wie folgt gefunden wurde:

12	104	160	130
13	110	120	142
22	110	152	125
90	100	146	125
98	112	156	110
111	135	154	130
70	145	128	80
80	108	128	133
90	135	120	103
90	152	120	102
118	95	133	93
120	122	120	98
92	150	148	102
90	125	155	91
112	140	125	94
112	162	140	78

Auf der folgenden Strecke von 80 bis 160 mm der Pfahlwurzel standen 39 Nebenwurzeln von folgenden Längen in Millimetern:

102	92	85	60
100	67	84	60
82	96	73	62
116	86	65	62
96	84	64	30
84	75	70	56
84	77	53	46
86	62	80	60
70	72	70	32
97	74	66	

Weiter fanden sich auf der Strecke von 160 bis 240 mm der Pfahlwurzel 29 Nebenwurzeln zwischen 42 und 6 mm lang und endlich auf dem untersten Teile derselben von 240 bis 360 mm noch 15 Nebenwurzeln von 8 bis 1 mm Länge.

Pflanze Nro. 15, trug drei entfaltete Blätter; ihre Pfahlwurzel war 304 mm lang und liefs auf dem ersten Viertel ihrer Länge von 0 bis 76 mm 51 Nebenwurzeln von folgenden Längen in Millimetern zählen:

56	80	130	76
85	110	148	74
90	105	116	76
82	130	100	62
75	140	130	58
96	92	80	60
95	140	70	54
120	90	150	53
118	102	110	90
144	46	122	52
75	46	120	50
97	91	94	40
100	78	76	

Auf dem zweiten Viertel von 76 bis 152 mm der Pfahlwurzel wurden 24 Nebenwurzeln gefunden, deren Länge allmählich von 50 zu 15 mm herabstieg; auf der Strecke von 152 bis 228 mm der Pfahlwurzel standen noch 19 Nebenwurzeln von 15 bis 2 mm lang, und auf dem letzten Viertel endlich von 228 bis 304 mm fanden sich nur noch eine Anzahl weniger als 1 mm lange Wurzelansätze.

Pflanze Nro. 16, das vierte Blatt im Entfalten begriffen; Länge der Pfahlwurzel 340 mm. Auf der Strecke von 0 bis 85 mm derselben standen 32 Nebenwurzeln erster Ordnung.

Länge derselben in Millimetern:

Wurzel und Bodenvolumen.

30	152	174	132
75	150	211	172
132	201	188	172
150	190	208	160
198	186	180	138
82	178	174	136
147	194	185	167
40	172	158	138

Auf der Strecke von 85 bis 170 mm der Pfahlwurzel folgten weiter 22 Nebenwurzeln, in Millimetern lang:

140	133	111	106
126	98	129	86
132	122	120	79
122	122	97	70
150	112	80	
110	121	80	

Auf der Strecke von 170 bis 255 mm der Pfahlwurzel standen ferner 19 Nebenwurzeln, deren Länge in Millimetern die nachstehenden Zahlen ergaben:

76	54	54	38
71	53	57	33
76	60	55	42
61	63	35	26
68	48	36	

und auf der letzten Strecke von 255 bis 340 mm der Pfahlwurzel endlich konnte man noch zwölf Nebenwurzeln zählen, deren Länge von 36 zu 2 mm abnahm.

Berechnet man behufs leichterem Vergleichung mit den in gleichen Entwicklungsstadien befindlichen Erbsenpflanzen (Nro. 12 bis Nr. 17) wiederum aus den vorstehenden Angaben — einmal die Anzahl der Nebenwurzeln, welche in den vier Vierteln der Pfahlwurzel durchschnittlich auf einer Strecke von 10 mm zu finden war und — sodann das relative Verhältnis zwischen den Längen der Pfahlwurzel und der Nebenwurzeln, so erhält man für die Bohne folgende Werte:

Auf je 10 mm Länge der Pfahlwurzel saßen Nebenwurzeln durchschnittlich Stück

Pflanze Nro.	auf je 10 mm Länge der Pfahlwurzel saßen Nebenwurzeln durchschnittlich Stück				
	am obersten Viertel	zweiten Viertel	dritten Viertel	untersten Viertel	an d. ganzen Pfahlwurzel
10	5,7	3,6	2,8	1,1	3,3
11	5,0	2,8	1,3	0,9	2,5
12	8,2	3,4	2,0	0,3	3,5
13	6,4	3,2	1,8	—	2,9
14	8,0	4,9	3,6	1,9	4,6
15	6,7	3,2	2,5	—	3,1
16	3,8	2,6	2,2	1,4	2,5
Im Mittel	6,3	3,4	2,3	0,8	3,2

Die relative Länge der Nebenwurzeln im Verhältnis zur Pfahlwurzel, letztere = 100 gesetzt, betrug:

Bei Pflanze Nro. 14:

Auf dem obersten Viertel der Pfahlwurzel (0—25):	von 4—51,	im Mittel	35
(spezieller auf der Strecke von 0—6:	„ 4—33,	„	26
„ „ „ „ 6—12:	„ 29—51,	„	40
„ „ „ „ 12—18:	„ 49—38,	„	42
„ „ „ „ 18—25:	„ 44—24,	„	33)
auf dem zweiten Viertel der Pfahlwurzel (25—50):	„ 36—10,	„	23
„ „ dritten „ „ „ (50—75):	„ 16—2,	„	8
„ „ untersten „ „ „ (75—100):	„ 3—0,	„	2

Bei Pflanze Nro. 15:

Auf dem obersten Viertel der Pfahlwurzel (0—25):	von 13—49,	im Mittel	30
„ „ zweiten „ „ „ (25—50):	„ 16—5,	„	11
„ „ dritten „ „ „ (50—75):	„ 5—1,	„	3
„ „ untersten „ „ „ (75—100):	0,	„	0

Bei Pflanze Nro. 16:

Auf dem obersten Viertel der Pfahlwurzel (0—25):	von 9—62,	im Mittel	46
„ „ zweiten „ „ „ (25—50):	„ 44—21,	„	33
„ „ dritten „ „ „ (50—75):	„ 22—8,	„	16
„ „ untersten „ „ „ (75—100):	„ 11—0,	„	6

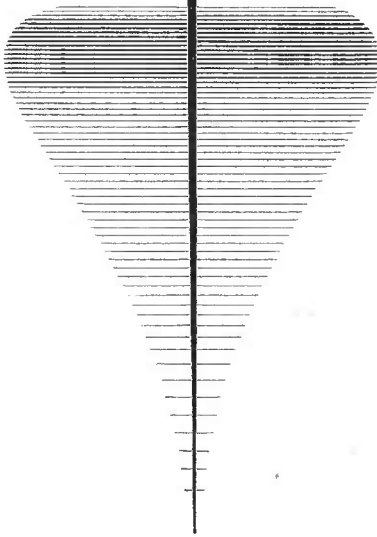
und das ist im Durchschnitte der drei Pflanzen Nro. 14 bis Nro. 16:

Auf dem obersten Viertel der Pfahlwurzel	37
„ „ zweiten „ „ „	22
„ „ dritten „ „ „	9
„ „ untersten „ „ „	3

Versuchen wir es, wie oben, diese Verhältnisse zu konstruieren so erhalten wir für die Bohne eine Form, wie sie die Figur 2 (a. f. S.) wiedergiebt.

Und diese Verhältnisse erhalten sich auch bei dem Alterwerden der Wurzel in der Hauptsache unverändert; die Pfahlwurzel bleibt immer das hervorragend längste und stärkste Glied des ganzen Wurzelnetzes und von den abhängigen Untergliedern tritt keins in seiner Entwicklung auffällig vor den anderen hervor; bedecken sich allmählich die Nebenwurzeln erster

Fig. 2.



Ordnung mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung, so erfolgt dies mit derselben Regelmäßigkeit, mit der sie selbst an der Pfahlwurzel entstanden sind; das zu einer Nebenwurzel erster Ordnung gehörige Wurzelssystem zweiter Ordnung nimmt von oben nach unten mit derselben Regelmäßigkeit an Dichte und Länge ab, wie das System der Nebenwurzeln erster Ordnung an der Hauptwurzel, nur mit dem einzigen Unterschiede, daß sich die Nebenwurzeln zweiter Ordnung auf dem obersten Viertel der Nebenwurzeln erster Ordnung

nicht ganz so eng zusammendrängen, wie es diese auf dem obersten Viertel der Pfahlwurzel thun. In Folge dessen erhält sich denn auch der Eindruck strenger Gesetzmäßigkeit in der Form der Bohnenwurzel dauernd noch im späteren Alter.

An drei älteren der von uns gezogenen Bohnenpflanzen fanden wir:

Pflanze Nro. 17, mit sieben entwickelten Blättern. Länge der Pfahlwurzel 625 mm. Die davon auf der Strecke von 0 bis 50 mm sitzenden Nebenwurzeln erster Ordnung

waren lang mm	trugen		waren lang mm	trugen		waren lang mm	trugen		waren lang mm	trugen	
	Nebenwur- zeln zweiter Ordnung Stück	zweiten Ordnung Stück		Nebenwur- zeln zweiter Ordnung Stück	Nebenwur- zeln zweiter Ordnung Stück		Nebenwur- zeln zweiter Ordnung Stück	Nebenwur- zeln zweiter Ordnung Stück			
140	12		225	12		96	3		85	0	
130	11		170	5		190	10		118	8	
263	13		265	17		200	10		182	7	
235	16		242	11		160	10		173	6	
84	0		243	21		120	5		253	11	
342	37		130	9		170	4		170	10	
250	19		165	11		130	3		230	8	
150	11		225	19		110	0				
150	11		254	18		120	2				

Die Länge der Nebenwurzeln zweiter Ordnung betrug von 30 bis zu 1 mm.

Auf der Strecke von 50 bis 85 mm der Pfahlwurzel folgten sodann zwölf Nebenwurzeln, die noch einzelne kurze Nebenfasern zweiter Ordnung aufzuweisen hatten und folgende Längen in Millimetern ergaben:

160	230	152	140
125	192	215	178
140	120	200	168

Von hier an trugen die Nebenwurzeln keine Seitenzweige zweiter Ordnung mehr. Die Länge derselben aber wurde in Millimetern gefunden auf der Strecke von 85 bis 150 mm der Pfahlwurzel:

140	40	110	66
155	120	75	
135	110	115	
120	110	85	

und auf der Strecke von 150 bis 210 mm der Pfahlwurzel:

80	64	85	40
80	25	75	30
75	90	55	30

auf der Strecke von 210 bis 510 mm der Pfahlwurzel endlich saßen noch 35 Nebenwurzeln von 25 bis herab zu 1 mm Länge.

An der Basis des Stammes hatten sich nachträglich neun Adventivwurzeln eingefunden, die bereits eine Länge von 30 bis 40 mm aufwiesen.

Pflanze Nro. 18, neun Blätter entfaltet, das zehnte in der Entwicklung begriffen. Länge der Pfahlwurzel 620 mm. Die auf der obersten Strecke von 0 bis 50 mm derselben angetroffenen Nebenwurzeln erster Ordnung

waren		tragen		waren		tragen		waren		tragen	
lang	Nebenwur-	lang	Nebenwur-	lang	Nebenwur-	lang	Nebenwur-	lang	Nebenwur-	lang	Nebenwur-
mm	zeln zweiter	mm	zeln zweiter	mm	zeln zweiter	mm	zeln zweiter	mm	zeln zweiter	mm	zeln zweiter
	Ordnung		Ordnung		Ordnung		Ordnung		Ordnung		Ordnung
	Stück		Stück		Stück		Stück		Stück		Stück
230	9	260	20	210	26	345	42				
280	21	195	16	255	21	230	19				
230	16	95	6	205	9	230	20				
215	14	335	30	195	16						
240	21	240	21	120	10						
255	26	160	12	250	19						

Die Länge der Nebenwurzeln zweiter Ordnung schwankte hier von 46 bis zu 4 mm.

Auf der Strecke von 50 bis 110 mm der Pfahlwurzel fand man die Nebenwurzeln

mit Zweigen		mit Zweigen		mit Zweigen		mit Zweigen	
lang	zweiter	lang	zweiter	lang	zweiter	lang	zweiter
mm	Ordnung	mm	Ordnung	mm	Ordnung	mm	Ordnung
275	14	285	16	170	5	200	7
152	7	225	10	220	11	275	10
250	14	205	16	250	7	310	14
215	14	230	17	240	14		
330	24	390	40	230	10		
200	17	140	4	190	6		

und auf der Strecke von 110 bis 230 mm der Pfahlwurzel:

260	16	240	11	160	4	55	0
180	3	170	6	275	17	130	1
190	4	256	10	180	5	185	11
160	4	195	17	70	0	200	11
175	5	240	8	120	1	150	7
68	0	280	9	125	1		

Die Länge der Nebenwurzeln zweiter Ordnung lag in den beiden Gruppen zwischen 25 und 3, resp. zwischen 15 und 2 mm.

Auf der Strecke von 230 bis 340 mm der Pfahlwurzel standen weitere 32 Nebenwurzeln erster Ordnung 160 bis 35 mm lang und noch spärlich mit Nebenfasern zweiter Ordnung (à 7 bis 0 Stück) besetzt. Die Länge der letzteren stieg noch in einzelnen Fällen bis zu 16 mm und ging herab bis 1 mm.

Endlich wurden auf der Strecke von 340 bis 560 mm der Pfahlwurzel 43 Nebenwurzeln erster Ordnung gezählt, die nur noch von 38 bis 5 mm lang waren und keine Zweige zweiter Ordnung mehr trugen.

Pflanze Nro. 19, in derselben Entwicklungsperiode stehend wie Nro. 18, hatte eine kräftige Pfahlwurzel von 550 mm Länge. An dieser wurden Nebenwurzeln erster Ordnung gezählt resp. gemessen, und zwar auf der obersten Strecke von 0 bis 35 mm: 30 Stück, von denen die längste 320 mm maß; alle mit zahlreichen Nebenwurzeln zweiter Ordnung dicht besetzt; letztere bis zu 50 mm lang; — auf der Strecke von 35 bis 95 mm: 22 Stück, wovon die größte 230 mm lang; die noch immer sehr zahlreichen Nebenwurzeln zweiter Ordnung bis zu 50 mm lang; — auf der Strecke von 95 bis 180 mm: 21 Stück, die längste derselben 285 mm; die Nebenwurzeln zweiter Ordnung zahlreich, bis 27 Stück an einer Nebenwurzel erster Ordnung und bis zu 45 mm lang; — auf der Strecke von 180 bis 285 mm: 21 Stück bis 195 mm lang und nur noch spärlich mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung besetzt; — auf der Strecke von 285 bis 400 mm: 23 Stück ohne Nebenwurzeln zweiter Ordnung und bis höchstens 120 mm lang; und auf der Strecke von 400 bis 500 mm endlich: noch 18 Nebenwurzeln erster Ordnung, deren Länge von 50 bis 5 mm herabging.

An der Stengelbasis hatten sich auch bei dieser Pflanze nachträglich einige Adventivwurzeln eingefunden und zwar zwölf an der Zahl, die ein frisches kräftiges Aussehen hatten und schon von 60 bis 20 mm lang waren.

Aus den durch alle diese 19 Pflanzen bestätigten Beobachtungen, daß die Bohne ihre Nebenwurzeln aller Ordnungen in bemerkenswerter Regelmäßigkeit und in reicher Zahl (z. B. die Nebenwurzeln erster Ordnung an dem obersten Teile der Pfahlwurzel noch dichter als die Erbse) entwickelt, — und daß die Pfahlwurzel immer eine vor allen Wurzeln niederer Ordnung hervorragende, herrschende Stellung behält, — wird man mit großer Wahrscheinlichkeit schließen dürfen, daß einerseits der Verlust einzelner Nebenwurzeln von den Bohnen kaum empfunden, unter allen Umständen leicht ersetzt oder durch etwas erhöhte Thätigkeit äquivalenter Glieder übertragen werden wird, — daß aber andererseits jede Störung, welche die Entwicklung der Pfahlwurzel trifft, die Bohnenpflanze empfindlicher berühren wird, als z. B. die Erbse.

Wie schon oben erwähnt, hatten wir auch einmal eine Bohneneinsaat in fest zusammengedrückte Sägespäne gemacht. Unter den

hierbei erhaltenen Pflanzen fanden sich viele, deren Pfahlwurzel in Folge der im Boden gefundenen Widerstände verkümmert war, und wir konnten an diesen in der That ein merkliches Zurückbleiben in der Entwicklung wenn nicht der Masse, so doch der Zeit nach konstatieren.

Bei näherer Betrachtung solcher Wurzelsysteme, denen die Pfahlwurzel fehlte, überzeugte man sich leicht, daß die Bohne, falls sie ihrer Hauptwurzel verlustig geht, gar nicht den Versuch macht, dieselbe durch energisches Vortreiben einer besonders begünstigten Nebenwurzel zu ersetzen. Die an dem erhalten gebliebenen Stumpfe der Pfahlwurzel stehenden Nebenwurzeln erster Ordnung werden vielmehr, natürlich kräftiger, aber mit derselben Gleichmäßigkeit wie vorher und unter sich augenscheinlich als gleichwertig zusammen weiter gefördert und übernehmen das Geschäft der Ernährung so gut sie können gemeinschaftlich.

Zwei jüngere und zwei ältere Bohnenpflanzen, die ihre Pfahlwurzel eingebüßt hatten, lieferten uns die folgenden Zahlen- und Maßverhältnisse:

Pflanze Nro. 20, mit einem entfaltetem Blatte, trug an dem Stumpfe ihrer abgestorbenen Pfahlwurzel, der noch 10 mm lang war, 16 Nebenwurzeln erster Ordnung von folgender Länge:

125 mm	103 mm	78 mm	80 mm
95 "	36 "	55 "	66 "
75 "	68 "	60 "	21 "
60 "	58 "	92 "	37 "

Ansätze von Nebenwurzeln zweiter Ordnung waren an denselben noch nicht aufzufinden.

Pflanze Nro. 21. In Entfaltung des dritten Blattes begriffen; an dem 8 mm langen Stummel der verkümmerten Pfahlwurzel standen 15 Nebenwurzeln erster Ordnung. Länge derselben:

117 mm	75 mm	120 mm	108 mm
168 "	84 "	138 "	80 "
132 "	136 "	155 "	75 "
96 "	103 "	110 "	

An allen, welche über 100 mm lang waren, wurden Nebenwurzeln zweiter Ordnung gefunden und zwar von 3 bis 8 Stück, die schon eine Länge von 3 bis zu 20 mm erreichten.

Pflanze Nro. 22. Trug fünf entfaltete Blätter, das sechste war im Entstehen.

Auf dem Stummel der verloren gegangenen Pfahlwurzel standen acht Nebenwurzeln erster Ordnung, die alle sehr kräftig und unter sich fast ganz gleich entwickelt waren. — Länge derselben zwischen 340 und 460 mm. — Diese hatten ihrerseits wieder getrieben:

Auf der Strecke	Nebenwurzeln zweiter Ordnung		
	von bis mm mm	Stück	mm lang
und zwar Wurzel a. 400 mm lang:			
	0—100	14	12— 60
	100—300	26	2— 20
	300—400	3	1
Wurzel b. 460 mm lang:			
	0—100	23	20— 96
	100—360	41	4— 22
	360—460	6	1— 2
Wurzel c. 430 mm lang:			
	0—120	29	18— 80
	120—320	28	2— 13
	320—430	6	1— 2
Wurzel d. 340 mm lang:			
	0— 85	16	25—110
	85—200	24	5— 15
	200—340	8	1— 3
Wurzel e. 430 mm lang:			
	0— 80	16	15— 80
	80—300	31	5— 12
	300—430	4	1— 2
Wurzel f. 450 mm lang:			
	0—105	20	25— 92
	105—340	26	5— 15
	340—450	6	1— 2
Wurzel g. 400 mm lang:			
	0—100	14	15— 35
	100—300	23	2— 12
	300—400	3	1
Wurzel h. 440 mm lang:			
	0—100	16	15— 44
	100—340	30	2— 14
	340—440	2	1

An den längsten Nebenwurzeln zweiter Ordnung der beiden Wurzeln b. und c. waren die Anfänge zur Bildung eines Systems von

Nebenwurzeln dritter Ordnung deutlich bemerkbar und einzelne Fasern davon bis zur Länge von einigen Millimetern entwickelt.

Pflanze Nro. 23. Auf derselben Altersstufe stehend wie Pflanze Nro. 22; trug auf dem 10 mm langen Stumpfe der verunglückten Pfahlwurzel 12 Nebenwurzeln erster Ordnung, die unter sich weniger gleichmäfsig entwickelt waren, wie die entsprechenden Wurzelglieder der vorbeschriebenen Pflanze und z. B. schon in der Länge von 480 bis zu 170 mm differierten. An denselben wurden gezählt:

Auf der Strecke	Nebenwurzeln zweiter Ordnung			
	von mm	bis mm	Stück	mm lang
und zwar bei der Wurzel a., die 470 mm lang war:				
	0—	90	10	25— 65
	90—	350	28	7— 16
	350—	470	5	1
Wurzel b., 420 mm lang:				
	0—	90	11	17— 68
	90—	325	21	2— 18
	325—	420	3	1
Wurzel c., 480 mm lang:				
	0—	90	13	15—105
	90—	390	33	3— 14
	390—	480	3	1
Wurzel d. teilte sich 20 mm von ihrem Ursprunge entfernt in:				
α. 320 mm lang:				
	0—	220	18	2— 25
β. 130 mm lang:				
	0—	100	9	3— 15
Wurzel e., 230 mm lang:				
	0—	80	3	2— 10
Wurzel f., 460 mm lang:				
	0—	100	13	25— 78
	100—	355	28	2— 13
	355—	460	3	1
Wurzel g., 370 mm lang:				
	0—	95	10	25— 55
	95—	280	17	2— 14
	280—	370	2	1
Wurzel h., 310 mm lang:				
	0—	90	10	5— 20
	90—	215	14	2— 8
	215—	310	2	1

Auf der Strecke	Nebenwurzeln zweiter Ordnung		
	von bis mm mm	Stück	mm lang
Wurzel i., 370 mm lang:			
	0—90	8	20—65
	90—270	17	3—14
	270—370	3	1—2
Wurzel k., 355 mm lang:			
	0—110	13	13—75
	110—260	13	2—7
	260—355	2	1
Wurzel l., 390 mm lang:			
	0—90	15	27—64
	90—290	21	3—12
	290—390	5	1
Wurzel m., 170 mm lang:			
	0—110	7	1—6

Die Lupine (*Lupinus luteus*)

baut ihre Wurzel nach einem von der Erbse und Bohne durchaus verschiedenen Plane auf. Die besonders starke und kräftige, sehr reich mit Haaren bekleidete Pfahlwurzel entwickelt sich zunächst zu einer ganz ansehnlichen Länge ohne eine einzige Nebenwurzel zu treiben. Bequemt sich endlich die Pflanze in der Regel zu der Zeit, wenn sich oberirdisch das dritte Blatt entfaltet, dazu, Nebenwurzeln zu bilden, so beginnt sie damit meistens nicht an dem obersten und ältesten Teile der Pfahlwurzel, sondern an der unteren Hälfte, manchmal an dem untersten Viertel der letzteren. Unter allen Umständen erscheinen die Nebenwurzeln äußerst unregelmäßig und sehr spärlich.

Von fünf jungen Lupinenpflänzchen, welche mit der Entfaltung des zweiten Blattes beschäftigt waren, wurden die starken Pfahlwurzeln und zwar

bei Pflanze No. 1.	163 mm
„ „ „ 2.	200 „
„ „ „ 3.	215 „
„ „ „ 4.	190 „
„ „ „ 5.	195 „

lang gefunden, aber bei keiner waren schon Anfänge zu Nebenwurzeln zu entdecken.

Dagegen fand man an

Pflanze Nro. 6, welche schon vier entwickelte Blätter trug, auf der 230 mm langen Pfahlwurzel bei 45, 68, 85, 132, 160 und 200 mm je eine oder zwei gröfsere Nebenwurzeln erster Ordnung, in Summa acht Stück, 20 bis 30 mm lang; und dazwischen verteilt standen noch sechs weitere Nebenwurzeln etwas jüngeren Ursprungs und 4 bis 10 mm lang.

Pflanze Nro. 7, ebenfalls mit vier Blättern, trug nur auf dem untersten Teile ihrer 280 mm langen Pfahlwurzel einige Nebenwurzeln erster Ordnung und zwar in Summa fünf Stück, 16 bis 40 mm lang. Genauer angegeben standen dieselben an der Pfahlwurzel bei 205, 206, 210, 242 und 252 mm.

Pflanze Nro. 8, mit der Entwicklung des fünften Blattes beschäftigt. Pfahlwurzel 330 mm lang. An dieser standen auf der Strecke von 0 bis 20 mm sieben Nebenwurzeln ganz jugendlichen Alters zwischen 8 und 18 mm lang; dann auf der Strecke von 160 bis 195 mm sechs sichtlich schon ältere Nebenwurzeln 13 bis 92 mm lang; und endlich auf der Strecke von 240 bis 270 mm noch drei ebenfalls schon ältere Nebenwurzeln von 30 bis 70 mm Länge.

Auf den Stellen der Pfahlwurzel, welche zwischen 20 und 160, ferner zwischen 195 und 240, endlich zwischen 270 und 330 mm ihrer Länge lagen, war nicht einmal der Ansatz zu einer Nebenwurzel zu entdecken.

Pflanze Nro. 9, mit vier Blättern versehen. Pfahlwurzel 420 mm lang. An dieser nur auf der Strecke zwischen 190 und 270 mm ihrer Länge 13 Nebenwurzeln erster Ordnung 12 bis 40 mm lang.

Pflanze Nro. 10, mit vier entwickelten Blättern. Länge der Pfahlwurzel 440 mm und an dieser Nebenwurzeln:

Auf der Strecke von	0—100 mm	14 (ganz jung)	3—12 mm lang,
„ „ „ „	100—110 „	2 (älter)	40—45 „ „
„ „ „ „	110—220 „	8 „	35—50 „ „
„ „ „ „	220—330 „	23 „	18—35 „ „
„ „ „ „	330—440 „	4 (junge)	5—10 „ „
nebst 10 Wurzelanlagen, die noch nicht 1 mm lang waren.			

Von den Nebenwurzeln, welche auf dem dritten Viertel der Pfahlwurzel (Strecke 220 bis 330 mm) standen, trugen einzelne schon einige kurze Seitenzweige zweiter Ordnung.

Pflanze Nro. 11, mit vier entfalteteten Blättern, übrigens sehr ärmlich entwickelt. Pfahlwurzel 400 mm lang. Nebenwurzeln:

Von 0—100 mm der Pfahlwurzel	10 Stück, 2—6 mm lang,
„ 100—200 „ „ „	7 „ 2—30 „ „
„ 200—300 „ „ „	7 „ 2—18 „ „
„ 300—400 „ „ „	2 Ansätze weniger als 1 mm.

Die erste gröfsere und zwar 30 mm lange Nebenwurzel fand sich bei 150 mm Länge der Pfahlwurzel, bis dahin von oben herein erreichten die Nebenwurzeln keine gröfsere Länge als 6 mm.

Pflanze Nro. 12, vier Blätter entfaltet. Pfahlwurzel 480 mm. Diese trug an Nebenwurzeln erster Ordnung:

Auf dem obersten Viertel ihrer Länge	5 Stück von 18—60 mm Länge,
„ „ zweiten „ „ „	9 „ „ 40—60 „ „
„ „ dritten „ „ „	6 „ „ 12—30 „ „
„ „ vierten „ „ „	2 Ansätze unter 1 „ „

Die Nebenwurzeln waren unregelmäfsig büschelweise geordnet und zwar standen an der Pfahlwurzel:

zwischen 0 und 30 mm	4 Stück, dann
bei 110 „	1 „ ferner
zwischen 150 und 230 „	9 „ und
„ 270 „ 330 „	6 „

Die Dichte des Wurzelwerkes bei den sehr jungen Lupinenpflanzen Nro. 6 bis 12 berechnet sich hiernach wie folgt:

Pflanze No.	Auf je 10 mm Länge der Pfahlwurzel standen durchschnittlich Nebenwurzeln erster Ordnung			
	am obersten Viertel	zweiten Viertel	dritten Viertel	untersten Viertel
6.	0,2	0,9	1,0	0,3
7.	—	—	0,4	0,3
8.	0,9	0,1	0,6	0,4
9.	—	0,4	0,9	—
10.	1,5	0,7	2,1	0,4
11.	1,0	0,7	0,7	—
12.	0,4	0,8	0,5	—
im Mittel:	0,6	0,5	0,9	0,2

Die mittlere relative Länge der Nebenwurzeln
— die Länge der Hauptwurzel = 100 gesetzt —
betrag

Pflanze No.	am obersten zweiten dritten untersten			
	Viertel	Viertel	Viertel	Viertel
6.	5	8	10	4
7.	—	—	12	8
8.	4	4	16	15
9.	—	6	7	—
10.	3	10	6	2
11.	1	4	3	—
12.	8	10	4	—
im Mittel:	3	6	8	4

Bei der weiteren Entwicklung der Lupinenpflanze erscheint es charakteristisch zunächst, daß die Pfahlwurzel in noch höherem Grade das herrschende, im Systeme über alle anderen hervorragende Glied bleibt, als selbst bei der Bohnenpflanze. Die Nebenwurzeln erster Ordnung siedeln sich nachgerade etwas zahlreicher an, treten aber an keiner Stelle so dicht zusammen, wie an den oberen Teilen der Pfahlwurzel bei der Erbse und Bohne. Dabei erfolgt das Auftreten der Nebenwurzeln nach wie vor äusserst unregelmäßig, sprunghaft, lückenhaft. Die höchste Energie des Wachstums konzentriert sich hier nicht wie bei Bohne und Erbse auf die obersten und ältesten Teile der Wurzel, sondern tritt sichtlich erst in den unteren, von der Stengelbasis weiter entfernteren Wurzelpartien hervor. Ganz besonders im Vergleich zu dem streng gesetzmäßigen Baue der Bohnenwurzel erscheint die Konstruktion der Lupinenwurzel regellos und verworren.

Einige etwas älter gewordene Lupinenpflanzen zeigten bei genauerer Untersuchung folgende Verhältnisse:

Pflanze Nro. 13, trug sechs entwickelte Blätter; Länge der Pfahlwurzel 580 mm. An dieser standen Nebenwurzeln:

Auf der Strecke von	0—145 mm	17 Stück,	12—60 mm lang,
„ „ „	145—290	21 „	15—55 „ „
„ „ „	290—435	30 „	15—55 „ „
„ „ „	435—580	18 „	4—20 „ „

Auf der untersten Strecke der Pfahlwurzel fanden sich außerdem noch eine Anzahl jugendlicher Anfänge von Nebenwurzeln, die noch nicht die Länge von 1 mm erreicht hatten.

Pflanze Nro. 14, in Alter und Gröfse der vorigen Nummer gleich. Länge der Pfahlwurzel 580 mm. An dieser Nebenwurzeln erster Ordnung:

Auf der Strecke von	0—145 mm	18 Stück,	7— 60 mm lang,
" " " "	145—290 "	15 "	30—100 " "
" " " "	290—435 "	27 "	15— 95 " "
" " " "	435—580 "	22 "	5— 20 " "

Pflanze Nro. 15, in demselben Entwicklungszustande wie Nro. 13. Länge der Pfahlwurzel 480 mm. Daran Nebenwurzeln:

Auf der Strecke von	0—120 mm	18 Stück,	5—105 mm lang,
" " " "	120—240 "	12 "	17— 70 " "
" " " "	240—360 "	17 "	22—105 " "
" " " "	360—480 "	32 "	20— 55 " "

Pflanze Nro. 16, im Begriffe das sechste Blatt zu entwickeln. Länge der Pfahlwurzel 444 mm. An dieser wurden gezählt resp. gemessen Nebenwurzeln erster Ordnung und zwar auf der Strecke von 0 bis 43 mm neun Stück.

Länge derselben in Millimetern:

13	12	24
16	21	17
17	26	10

die folgende Strecke von 43 bis 135 mm der Pfahlwurzel war vollständig leer von Nebenwurzeln; die nächste Strecke von 135 bis 222 trug dann deren wieder elf, und die Länge derselben war Millimeter:

32	60	58
86	93	72
40	60	31
4	60	

auf der Strecke von 222 bis 333 mm der Pfahlwurzel folgten dann ziemlich regelmäfsig verteilt 14 Nebenwurzeln und zwar in Millimetern lang:

40	41	28
36	18	31
48	32	34
35	15	25
57	35	

auf der Strecke von 333 bis 376 mm der Pfahlwurzel standen schliesslich noch elf jugendliche Nebenwurzeln zwischen 26 und 10 mm lang, und unter diesen fanden sich noch einige Ansätze von weniger als 1 mm Länge.

Pflanze Nro. 17, auf derselben Entwicklungsstufe wie die vorhergehende Nummer. Pfahlwurzel 460 mm lang. Daran Nebenwurzeln erster Ordnung auf der Strecke von 0 bis 30 mm acht Stück und Länge derselben in Millimetern:

10	20	10
12	25	13
13	34	

weiter von 30 bis 115 mm der Pfahlwurzel keine Nebenwurzel; dann von 115 bis 155 mm zwei Nebenwurzeln 50 und 30 mm lang; ferner von 155 bis 230 mm der Pfahlwurzel neun Nebenwurzeln und Länge derselben in Millimetern:

26	49	43
70	73	36
84	25	37

von 230 bis 242 mm wiederum keine Nebenwurzeln und von 242 bis 288 mm deren zehn und die Länge derselben in Millimetern:

31	32	16
23	20	19
12	45	
33	10	

von 288 bis 312 mm wiederum eine Lücke; dann von 312 bis 345 mm acht Nebenwurzeln, deren Länge zwischen 26 und 10 mm lag, und endlich noch von 345 bis 460 mm einige junge Wurzelansätze von 8 bis weniger als 1 mm.

Pflanze Nro. 18, etwas älter als die vorigen, in Entwicklung des achten Blattes begriffen. Länge der Pfahlwurzel 600 mm. Daran Nebenwurzeln auf der Strecke von 0 bis 40 mm 13 Stück. Länge derselben in Millimetern:

15	47	45
13	37	6
10	41	37
36	33	
34	30	

auf der Strecke von 40 bis 125 mm zwei Nebenwurzeln 8 und 14 mm lang und auf der Strecke von 125 bis 150 deren vier. Länge der-

selben = 40, 20, 95 und 130 mm; dann folgten auf dem zweiten Viertel der Pfahlwurzel von 150 bis 300 mm lediglich gleichmäßig verteilt 17 Nebenwurzeln, deren Längen in Millimetern folgende waren:

15	80	105	15
183	82	12	16
88	50	12	
25	28	37	
45	77	15	

die längsten von diesen zeigten sich schon mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung besetzt. Dann folgten auf dem dritten Viertel der Pfahlwurzel von 300 bis 450 mm 34 Nebenwurzeln erster Ordnung von nachstehender Länge in Millimetern:

50	48	30	54	36
12	40	54	40	52
12	23	20	34	90
15	15	20	36	46
66	35	24	42	60
42	30	110	44	36
50	24	60	40	

und schließlich wurden auf der untersten Strecke der Pfahlwurzel von 450 bis 600 mm noch 30 Nebenwurzeln gezählt, deren Länge zwischen 60 bis 20 mm schwankte.

Pflanze Nro. 19, im Entfalten des siebenten Blattes begriffen. Pfahlwurzel 420 mm lang; trug Nebenwurzeln erster Ordnung auf der Strecke von 0 bis 15 mm sechs Stück; lang in Millimetern:

9	26	41
12	36	31

von 15 bis 40 mm der Pfahlwurzel Lücke; von 40 bis 105 mm vier Nebenwurzeln; Länge derselben in Millimetern:

42	54
46	31

von 105 bis 210 mm zehn Nebenwurzeln; Millimeter lang:

80	55	36
72	40	60
86	70	
26	45	

dann folgten auf der Strecke von 210 bis 315 mm der Pfahlwurzel 19 Nebenwurzeln in Länge von Millimetern:

32	35	66	27
34	105	88	135
24	56	42	26
46	32	34	42
34	30	65	

und endlich auf der Strecke von 315 bis 420 mm der Pfahlwurzel noch 20 Nebenwurzeln von 40 bis herab zu 4 mm Länge.

Berücksichtigt man, daß die Laubblätter an den ersten beiden Internodien bei der Bohne und an dem ersten Internodium bei der Erbse in der Regel verkümmern, und daß mithin eine Bohnenpflanze, welche drei Laubblätter trägt, schon fünf, und eine Erbse mit vier Blättern ebenfalls fünf Stengel-Internodien aufzuweisen hat, — und bedenkt man weiter, daß die Lupine überhaupt eine größere Anzahl Laubblätter bildet, als die Erbse und Bohne, so wird man es erlaubt halten, die vorstehenden Lupinenpflanzen Nro. 13 bis Nro. 19 mit den oben beschriebenen Exemplaren Nro. 12 bis Nro. 17 der Erbse und Nro. 10 bis Nro. 16 der Bohne als ungefähr gleichweit entwickelt und wohl vergleichbar anzusehen.

Wir erleichtern diesen Vergleich dadurch, daß wir auch für die Lupine berechnen, wie viel Nebenwurzeln durchschnittlich auf einer Strecke von 10 mm der Pfahlwurzel angelegt waren, und in welchem relativen Verhältnisse die mittlere Länge der Nebenwurzeln zur Länge der Hauptwurzel stand.

Es ergeben sich hierbei folgende Werte:

		Auf je 10 mm Länge der Pfahlwurzel saßen Nebenwurzeln durchschnittlich Stück				
		am obersten Viertel	zweiten Viertel	dritten Viertel	untersten Viertel	an d. ganzen Pfahlwurzel
Pflanze	No. 13.	1,2	1,4	2,1	1,2	1,5
"	" 14.	1,2	1,0	1,9	1,5	1,4
"	" 15.	1,5	1,0	1,4	2,7	1,6
"	" 16.	0,8	1,0	1,3	1,0	1,0
"	" 17.	0,7	1,0	1,6	1,0	1,1
"	" 18.	1,3	1,1	2,3	2,0	1,7
"	" 19.	1,0	1,0	1,8	1,9	1,4
im Mittel		1,1	1,1	1,8	1,6	1,4

Die relative Länge der Nebenwurzeln im Verhältnisse zur Pfahlwurzel, letztere = 100 gesetzt, betrug:

bei Pflanze No. 16.

auf dem	obersten	Viertel	der	Pfahlwurzel	(0— 25)	von	2— 6	im	Mittel	4
" "	zweiten	"	"	"	(25— 50)	"	1—19	"	"	14
" "	dritten	"	"	"	(50— 75)	"	4—13	"	"	8
" "	untersten	"	"	"	(75—100)	"	6— 1	"	"	3

bei Pflanze No. 17.

auf dem	obersten	Viertel	der	Pfahlwurzel	(0— 25)	von	2— 7	im	Mittel	4
" "	zweiten	"	"	"	(25— 50)	"	6—18	"	"	10
" "	dritten	"	"	"	(50— 75)	"	2—10	"	"	5
" "	untersten	"	"	"	(75—100)	"	2— 0	"	"	1

bei Pflanze No. 18.

auf dem	obersten	Viertel	der	Pfahlwurzel	(0— 25)	von	1—22	im	Mittel	6
" "	zweiten	"	"	"	(25— 50)	"	2—31	"	"	9
" "	dritten	"	"	"	(50— 75)	"	2—18	"	"	7
" "	untersten	"	"	"	(75—100)	"	10— 3	"	"	7

bei Pflanze No. 19.

auf dem	obersten	Viertel	der	Pfahlwurzel	(0— 25)	von	2—13	im	Mittel	8
" "	zweiten	"	"	"	(25— 50)	"	10—21	"	"	14
" "	dritten	"	"	"	(50— 75)	"	6—32	"	"	12
" "	untersten	"	"	"	(75—100)	"	10— 1	"	"	5

und das ist im Durchschnitte der vier Pflanzen No. 16 bis No. 19:

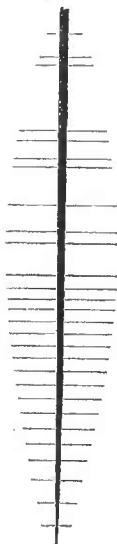
auf dem	obersten	Viertel	der	Pfahlwurzel	6
" "	zweiten	"	"	"	12
" "	dritten	"	"	"	8
" "	untersten	"	"	"	4

Konstruiert man diese Verhältnisse, so erhält man für die Lupinenwurzel eine Form, wie sie die beigefügte Fig. 3 (a. f. S.) darstellt.

Die hier an der jugendlichen Lupinenwurzel geschilderten Eigentümlichkeiten erhalten sich im Wesentlichen unverändert beim Älterwerden derselben und machen sich auch bei der Bildung der Nebenwurzel-systeme niederer Ordnung geltend. Zwar entstehen von Zeit zu Zeit immer noch neue Nebenwurzeln in den von den älteren leer gelassenen Zwischenräumen und Lücken, da aber dieselben nicht in einer geordneten Folge auftreten und hinter den älteren an Länge weit zurückbleiben, so behält der ganze Habitus der Lupinenwurzel auch in den späteren Entwicklungsperioden den Eindruck des entschieden Unregelmäßigen, — man möchte

sagen Ruppigen. Dabei tritt die Thatsache, dafs der Sitz der gröfsten Wachstumsenergie bei der Lupinenwurzel in die tieferen Teile gelegt ist, immer deutlicher hervor, je älter die Pflanze wird. Die Lupine setzt sich

Fig. 3.



hierdurch in einen entschiedenen Gegensatz zur Bohne und Erbse. Zeichnet sich die Bohne einerseits durch die aufserordentlich gleichmäfsige Entwicklung in allen ihren Teilen aus, — und begünstigt andererseits die Erbse einzelne wenige ihrer obersten, der Stammbasis nahe stehenden Nebenwurzeln vor allen übrigen, — so treibt die Lupine konstant einzelne tiefer, von der Stammbasis weit entfernt stehende Nebenwurzeln über alle anderen hinaus, welche diese nicht nur bald an Länge weit überragen, sondern sich auch wiederholt verzweigen und früh mit Nebenwurzeln niederer Ordnungen bekleiden; ja dies geht so weit, dafs eine solche begünstigte Nebenwurzel zuletzt nicht selten ein ganz eigenes Wurzelnetz für sich bildet.

Besonders in Folge des letzten Umstandes tritt die Verschiedenheit im Bau der Lupinenwurzel mit der Architektur der Bohnenwurzel beim Älterwerden immer deutlicher hervor.

Hatten wir oben gesagt, die mathematische Grundidee für die Form der Bohnenwurzel sei der umgekehrte Kegel, so möchten wir jetzt weiter zu behaupten wagen, die ideale Grundform der Lupinenwurzel ist der aufrechte Kegel.

Als Beispiel dafür kann die von uns untersuchte ältere

Pflanze Nro. 20 gelten, welche in der Entwicklung ihres zehnten Blattes begriffen war.

Dieselbe trug an ihrer 520 mm langen, sehr kräftigen Pfahlwurzel an Nebenwurzeln erster Ordnung:

auf der Strecke von	0—200 mm	52 Stück	von 6— 40 mm lang,
„ „ „	200—360 „	38 „	5— 35 „ „
„ „ „	360—520 „	40 „	8—140 „ „

Man sieht zunächst, wie durch Nachtreiben junger Nebenwurzeln die Stellung derselben nachträglich überall eine dichtere geworden war, auf je 10 mm Länge der Pfahlwurzel entfielen jetzt durchschnittlich in allen Strecken zwei bis drei Seitenfasern. Sodann aber springt

es sofort in die Augen, daß der untere Teil der Wurzel, was die Energie des Wachstums anlangt, ein dauerndes Übergewicht über die oberen behalten hatte. Wir fügen hinzu, daß die Nebenwurzeln erster Ordnung auf der letzten Streeke nicht nur auffallend länger waren, sondern dieselben zeigten sich auch von 360 mm Länge der Pfahlwurzel an häufig mit Nebenwurzeln zweiter Ordnung bekleidet, und zwei davon waren durch wiederholte Teilung und Austreiben zahlreicher Seitenzweige zweiter, selbst dritter Ordnung den übrigen so weit vorausgeeilt, daß eine jede gleichsam als Trägerin eines eigenen kleineren Wurzelnetzes gelten konnte.

Einen in allen Stücken ähnlichen Bau zeigte auch eine Anzahl anderer älterer Lupinenwurzeln, welche spezieller zu messen überflüssig erschien.

Fassen wir alle die mitgeteilten Beobachtungen zusammen, so erscheint uns für die Lupine im Gegensatz zur Erbse und Bohne besonders Folgendes charakteristisch:

Die ganze Entwicklung der Lupinenwurzel vollzieht sich auffallend langsam; die Pfahlwurzel fängt erst verhältnismäßig spät an, sich mit Nebenwurzeln zu bekleiden; die Nebenwurzeln erscheinen zögernd, spärlich, lückenhaft und im höchsten Grade unregelmäßig, besonders an den höher gelegenen Teilen der Pfahlwurzel; erst an den unteren Partien der letzteren bildet sich das Wurzelnetz energischer, weiter, reicher aus.

In jedem einzelnen dieser Punkte erblicken wir eine Stütze für den Schluß, daß jedes Hindernis, welches der normalen Entwicklung der Wurzel entgegentritt, von der Lupine unangenehmer empfunden wird, als von der Bohne oder Erbse; daß der Verlust von Nebenwurzeln von ihr viel weniger leicht und minder schnell ersetzt wird und daß Verletzungen der Pfahlwurzel auf das Wachstum der ganzen Pflanze hemmend, sowie der Verlust derselben geradezu verhängnisvoll zu wirken vermögen.

Obschon wir besondere Versuche in dieser Richtung nicht anstellten, so schienen doch einige gelegentlich gemachte Beobachtungen die Richtigkeit dieser Annahme zu bestätigen.

Bei unserer Ansaat in festgedrückten Sägespänen gelangten eine grössere Anzahl der Lupinensamen zunächst gar nicht zum Aufgehen, und da sämtliche Samen vorher in destilliertem Wasser zum Austreiben des Würzelchens gebracht worden waren, von Keimunfähigkeit also nicht die Rede sein konnte, so liegt die Vermutung sehr nahe, daß die Hindernisse, welche das feste Bodenmaterial der Entwicklung der jungen Pfahlwurzel entgegengesetzte, Ursache für das Zugrundegehen der jungen Keimpflänzchen wurde. Sodann war auch das Wachstum der aufgegangenen Lupinenpflanzen in den festgedrückten Sägespänen im Allgemeinen ein wenig günstiges und bei der Ernte der Pflanzen zeigte sich, daß nur sehr wenige Exemplare ein normales Wurzelnetz mit wohl erhaltener Pfahlwurzel aufzuweisen hatten. Von den Pflanzen aber, deren Pfahlwurzel verloren gegangen war, machte das als Ersatz gebildete Wurzelwerk einen entschieden ärmlicheren Eindruck, als von den in gleicher Lage befindlichen Bohnen- resp. Erbsenpflanzen.

Wir lassen als Beweis die Details zweier so verunglückten Lupinenwurzeln folgen:

Pflanze Nro. 21, trug vier entfaltete Blätter, das fünfte Blatt war im Entstehen. Statt der nahe an ihrem Ursprungsorte verloren gegangenen Pfahlwurzel hatte die Pflanze drei Nebenwurzeln erster Ordnung weiter entwickelt. Davon war

a. 310 mm lang und trug auf der Strecke von 75 bis 140 mm seiner Länge zehn Stück 1 bis 8 mm lange Nebenwurzeln zweiter Ordnung in unregelmäßiger Stellung.

b. 360 mm lang, trug auf seiner ganzen Länge spärlich verteilt 32 Nebenwurzeln zweiter Ordnung, deren Länge zwischen 1 und 15 mm schwankte.

c. war nur 170 mm lang und zeigte nur auf der Strecke zwischen 60 und 100 mm einige Miniaturansätze zu Zweigen zweiter Ordnung.

Pflanze Nro. 22, älter als Nro. 21, war mit der Entfaltung ihres neunten Blattes beschäftigt. Von der verkümmerten Pfahlwurzel war nur ein wenige Millimeter langer Stummel übrig. An diesem saßen in Summa fünf Nebenwurzeln erster Ordnung, von denen aber nur zwei weit und reich entwickelt waren, während die übrigen drei ganz bedeutungslos erschienen. Von diesen Nebenwurzeln erster Ordnung hatte

a. eine Länge von 520 mm und trug an Nebenwurzeln zweiter Ordnung:

auf der Strecke von	0—255 mm	42 Stück	von	5—16 mm lang,
„ „ „ „	255—380	1	„ „	14 „ „
„ „ „ „	380—520	52	„ „	20—45 „ „

von den auf der letzten Strecke stehenden Nebenwurzeln zweiter Ordnung zeigten die längeren schon Ansätze von Nebenfasern dritter Ordnung;

b. hatte eine Länge von 495 mm und trug an Nebenwurzeln zweiter Ordnung:

auf der Strecke von	0—345 mm	67 Stück	von	1—27 mm lang,
„ „ „ „	345—520	38	„ „	15—58 „ „

auch hier ließen die längeren der auf der letzten Strecke stehenden Nebenwurzeln zweiter Ordnung Ansätze von Nebenzweigen dritter Ordnung bemerken.

c. war 65 mm lang,

d. war 15 mm lang, und

e. war 11 mm lang.

Noch keine von diesen dreien hatte einen Versuch zur Bildung von Nebenwurzeln zweiter Ordnung gemacht.

Mangel an Zeit erlaubte uns nicht, unsere Studien noch auf andere Pflanzenarten auszudehnen, obgleich einige gelegentlich an Buchweizen, Raps etc. gemachte Beobachtungen uns hier nicht minder interessante Ergebnisse versprachen, wie dort. Aber auch die mit nur drei Gewächsen erhaltenen Resultate entbehren wohl nicht jeder Bedeutung.

Sie dünken uns schon hinreichend, um wenigstens soviel zu beweisen, daß zunächst die im Eingange des Abschnitts ausgesprochene Vermutung — jede Pflanzenart verfolge bei der Anlage ihrer Wurzel sogut eine besondere und ihr eigentümliche architektonische Idee, wie bei der Anlage ihres oberirdischen Teils — richtig ist.

Weiter wird man in ihnen schon einen genügenden Beweis für die Annahme finden dürfen, daß gewisse Pflanzen, wenn sie durch äussere ungünstige Verhältnisse eine wesentliche Störung in der Verfolgung dieser Idee erfahren, sich empfindlicher zeigen werden, als andere, und daß man bei der Sandkultur, wenn man diesen Verhält-

nissen keine Berücksichtigung schenkt, recht leicht zu solchen wesentlichen Störungen Veranlassung geben kann.

Für das Letztere glauben wir ein Beispiel aus eigener Erfahrung anführen zu können.

Die Lupine hat für die Landwirtschaft der Mark Brandenburg eine so hohe Bedeutung, daß man es erklärlich finden wird, wenn wir frühzeitig den Wunsch empfanden, gerade diese Pflanze in den Bereich unserer Versuche zu ziehen, ja ihr einen bevorzugten Platz in denselben anzuweisen. Wir mußten aber bald von diesem Vorhaben abstehen, weil es uns durchaus nicht gelingen wollte, in unseren Sandgefäßen eine Lupinenpflanze zur normalen Entwicklung zu bringen. Anfangs suchten wir den Grund des Mislingens in den Feuchtigkeitsverhältnissen, in den Nährstoffzugaben u. s. w.; jedoch keine Abänderung der Vegetationsbedingungen in dieser Richtung verbesserte den Erfolg. Ja wir mußten uns überzeugen, daß selbst, wenn wir unsere Kulturgefäße mit dem leichten humosen Gartenboden füllten, in welchem die Lupine im Freien sehr gut und üppig gedieh, noch nicht alle Mifsstände überwunden waren. In diesem Falle gelang es allerdings, Lupinen bis zur Blüte und Fruchtbildung sowie auch zu einer ziemlich bedeutenden Massenproduktion zu bringen, aber zu wünschen blieb auch hier noch immer übrig; ganz normal konnte man die Vegetation nie nennen; so daß man sich darüber hätte freuen, oder daß man sich damit hätte voll befriedigt erklären können, entwickelten sich die Pflanzen auch bei Benutzung des Gartenbodens in unseren Glasgefäßen nicht. — Es kam uns wohl auch der nicht eben fern liegende Gedanke, daß die Lupine eine größere Bodentiefe verlangen könne, als wir ihr in unseren gewöhnlichen für Kultur der Gerste etc. benutzten Glasgefäßen zur Verfügung stellten. Aber wir besserten auch nichts damit, daß wir statt derselben ziemlich hohe (98 cm) freilich verhältnismäßig enge Zylinder verwendeten, und sahen deshalb zunächst von der Einschlebung der Lupine in unseren Versuchsplan ganz ab. — Unsere Arbeiten über den äußeren Bau der Wurzeln machten wir erst viel später. Nach den Resultaten derselben sind wir geneigt den Grund für das Mislingen unserer Lupinenkulturen darin zu suchen, daß die von uns benutzten Gefäße nicht nur zu flach, sondern auch zu eng waren und daß sich in unseren engen hohen Cylindern der Boden in den tieferen Regionen zu fest setzte, vielleicht auch dauernd zu feucht hielt, um

eine normale Ausbildung der Wurzeln und damit auch eine voll befriedigende Entwicklung des Gesamtorganismus zu gestatten.

Es will uns endlich bedünken, als ob eine Ausdehnung einer derartigen Untersuchung über alle landwirtschaftlichen Kulturpflanzen auch für die Praxis nicht ganz ohne Interesse sein würde; denn irren wir nicht, so erklärt nichts anderes die verschiedenen Ansprüche der Erbse, Bohne und Lupine an die physikalische Beschaffenheit des Bodens so gut, wie der oben geschilderte Bau ihrer normal entwickelten Wurzel.

Zweites Kapitel.

Einige beiläufige Beobachtungen über Entwicklungszeit, Länge, Gewicht der Wurzeln.

Die meisten unserer Kulturpflanzen begnügen sich in der ersten Jugendzeit damit, ihre Stengelinternodien mit den dazu gehörigen Blättern ganz kurz und gedrängt anzulegen und dieselben erst wenn das Wurzelnetz schon einen bedeutenden Teil seiner normalen Ausdehnung erreicht hat, rasch zu strecken und weiter zu entwickeln (das Schossen).

Dieses ganz entschiedene Übergewicht, welches von der Pflanze in der ersten Periode des Wachstums einseitig auf die Entwicklung ihrer unteren Körperachse gelegt wird, weist nicht nur der Maßstab, sondern auch die Wage nach, denn während das Verhältnis des Trockengewichts der Wurzeln zu dem der oberirdischen Teile der Gewächse in der frühesten Jugend ein sehr hohes ist, nimmt dasselbe mit jedem Tage, den die Pflanze älter wird, ab.

Bei den einjährigen Gewächsen ist die Ausbildung des Wurzelnetzes wahrscheinlich zu der Zeit in der Regel vollendet, wenn die Fruchtbildung beginnt.

Bei den ausdauernden Gewächsen vollzieht sich die Ausbildung der Wurzel in dem ersten Lebensjahre in ganz gleicher Weise. Die

spätere Fortentwicklung des Wurzelnetzes erfolgt dann analog derart, daß in jedem Frühjahr beim Erwachen der Vegetation dem Austreiben der neuen Stengeltriebe das Hervorbrechen neuer Wurzelfasern jeder Ordnung vorausgeht.

Ein interessantes Beispiel für diese Vorgänge läßt sich leicht beobachten, wenn man Klee ein paar Jahre hindurch in Glasgefäßen anbaut. Nach jedem Schnitte beginnt der Klec gleichsam einen neuen Lebenszyklus und nach jedem Schnitte sieht man, wie immer, ehe oben eine neue Blattbildung sich zeigt, ehe ein junger Stengeltrieb hervorbricht, erst im Grunde ein frisches energisches Leben eintritt und ein ganzes Heer von neuen Wurzelfasern allseitig aus dem Boden herausdringt und an den durchsichtigen Gefäßwänden in raschem Wachstum herabsteigt.

Über die Schnelligkeit, mit welcher die Entwicklung des Wurzelnetzes in der frühesten Jugendzeit der Pflanze vor sich geht, geben einige Notizen Auskunft, die wir gelegentlich bei Ausführung einiger Versuchsreihen im Jahre 1873 sammelten.

Die speziellen Versuchsbedingungen werden ihre ausführliche Beschreibung in den nächsten beiden Abschnitten finden. Hier genügt es, zu erwähnen, daß wir verschiedene Arten unserer Kulturpflanzen in Gartenboden und in zylindrischen Glasgefäßen von ungleicher Größe anbauten, und zwar hatte die Bodenschicht

in den Gefäßen	I.	Größe eine	Höhe von	93	cm
" "	"	II.	" "	" "	62 "
" "	"	III.	" "	" "	31 "
" "	"	IV.	" "	" "	15½ "

Die Gerste, die in diesen Gefäßen stand, war am 17. Mai in destilliertem Wasser angequell und am 20. Mai, als eben das Würzelchen die Samenschale durchbrochen hatte, eingesät worden. Am 22. Mai kam die Spitze des Kotyledons über die Erde und am 25. Mai — die Pflänzchen hatten noch nicht mehr als ein einziges Blatt — waren die jungen Wurzeln schon auf dem Boden der kleinen Gefäße vierter Größe angelangt und zeigten sich an den Wänden der Gefäße dritter und vierter Größe in einer Tiefe von 22 bis 25 cm. Am 27. Mai, als das zweite Blatt anfang sich zu entfalten, ließen sich die Wurzeln in den Gefäßen erster Größe schon in einer Bodentiefe von 32 cm

vielfach hin und her gewunden verfolgen und etwa drei Wochen später hatten sie den Grund der tiefsten Gefäße erreicht. Erwägt man, daß die hier angeführten Mafse noch durchaus nicht die volle Länge der Wurzeln ausdrücken, da dieselben bei ihrem Vordringen durch den Boden nicht einen geraden Weg verfolgen, so erscheint die Raschheit, mit der die Wurzeln in den ersten Lebenstagen der jungen Pflanze wachsen, geradezu bewundernswürdig.

Und ähnlich wie die Gerste verhielten sich auch die übrigen Pflanzenarten.

Die Pferdebohnen waren, nachdem sie vorher zwischen feuchtem Fließpapier ihr Würzelchen ausgetrieben hatten, am 30. April gesäet worden. Am 10. Mai wurden in den Gefäßen vierter Gröfse junge Wurzeln auf dem Grunde gefunden, und am 25. Mai, als sich die Pflanzen mit der Entwicklung des siebenten und achten Blattes beschäftigten, durchzog in den Gefäßen erster und zweiter Gröfse schon ein ziemlich reiches Wurzelgewebe den Boden bis zu einer Tiefe von 33 cm.

Die Lupinen waren mit durchgebrochenem Würzelchen am 21. April gesäet. Am 25. Mai war der oberirdische Teil der Pflanzen noch ziemlich winzig. Zehn Blätter hatten sich allerdings gebildet, mit Ausnahme der ersten aber waren dieselben noch klein und lagen in einer Rosette dicht am Boden. Einzelne Wurzeläste aber ließen sich zu dieser Zeit schon in einer Bodentiefe von 49 cm in den Gefäßen zweiter Gröfse beobachten.

Beim Buchweizen sah man vierzehn Tage nach der Aussaat, als über der Erde erst das zweite Blatt sich zu entfalten begann, schon zahlreiche feine Wurzelfasern bis zu einer Bodentiefe von 29 cm den Boden durchsetzen.

Der Klee, dessen oberirdischer Teil in seiner frühesten Jugendzeit fast zwergartige Verhältnisse zeigt, war am 25. April gesäet und hatte es am 25. Mai bis zur Bildung seines fünften Blättchens gebracht, währenddem aber doch auch seine Wurzeln schon bis zu einer Tiefe von 22 bis selbst 29 cm durch den Boden getrieben.

Die Erbsen fördern ihren Stengel frühzeitig in die Höhe, aber auch bei ihnen überwiegt in der Jugend das Längenwachstum der Wurzel das des Stammteiles ansehnlich. Unsere Erbsensamen waren am 25. April angekeimt und am 27. desselben Monats mit eben durchgebrochenen Würzelchen eingesäet worden. Am 25. Mai hatten die

Stengel der jungen Pflanzen in den Gefäßen erster und zweiter Größe eine Länge von 25 bis 40 cm erreicht, ihr vielfach verstricktes Wurzelnetz aber durchstrich in ziemlich reicher Gliederung den Boden schon bis zu einer Tiefe von 34 bis 44 cm.

Betreffs des Gewichtsverhältnisses, in welches sich zufolge dieser ungleichen Entwicklung die oberirdische und die unterirdische Achse der Pflanzen in den verschiedenen Lebensepochen zu einander stellen, vermögen wir die nachstehenden Zahlen anzugeben, die wir bei Gelegenheit beiläufig mit zu gewinnen suchten. Wir benutzten hierzu einige Versuchsreihen, die in der Hauptsache, obwohl zur Erledigung anderer Fragen bestimmt, ganz gut auch gleichzeitig hierzu Verwendung finden konnten, ohne daß ihr Hauptzweck eine Störung erfuhr.

So wurde beispielsweise bei den oben*) mitgeteilten Versuchen über den Einfluß des absoluten Gewichtes der Samen auf die Entwicklung der daraus hervorgehenden Pflanze (laufende Versuchsnummer 25 bis 32) neben dem Gewichte der oberirdischen Pflanzen auch das ihrer Wurzeln sorgfältig mit bestimmt.

Als Bodenmaterial hatte, wie kurz erinnert sein mag, gereinigter Quarzsand mit einer günstigen Nährstoffmischung gedient.

Es gaben ganz junge Gerstenpflänzchen, gesäet in angekeimtem Zustande am 5. Juni, aufgegangen am 8. und geerntet am 14. Juni, als sie in der Entwicklung des dritten Blattes begriffen waren, an Trockensubstanz und zwar

Laufende Versuchsnummer			in der noch unzersetzten Samenhülle	in den Halmen und Blättern	in den Wurzeln
25.	14 Pflänzchen		105	501	371 mg
„	26. 14 „		80	405	291 „
„	27. 14 „		65	337	244 „
„	28. 12 „		40	180	124 „

*) s. S. 48 bis 53.

Es verhielt sich mithin die Trockensubstanz der

	Halme und Blätter :		Wurzeln ==
Versuchsnummer 25.	57,5	:	42,5
” 26.	58,2	:	41,8
” 27.	58,0	:	42,0
” 28.	59,2	:	40,8
im Mittel =			58,2 : 41,8

In der Trockensubstanz wurde sandfreie Asche gefunden:

	von Halmen und Blättern	von den Wurzeln
Versuchsnummer 25.	19,96 Proz.	35,31 Proz.
” 26.	17,78 ”	36,43 ”
” 27.	17,21 ”	37,70 ”
” 28.	18,33 ”	35,48 ”
im Mittel 18,32 Proz.		36,23 Proz.

Älter gewordene Gerstpflanzen, die unter den gleichen Kulturbedingungen gewachsen und auch am 8. Juni aufgegangen waren, wurden am 5. Juli zur Zeit des Schossens geerntet. Die Ähre war schon fertig gebildet, doch stak dieselbe noch innerhalb der oberen Blattscheide, eben im Begriff, mit den Grannenspitzen dieselbe zu verlassen. Es gaben an Trockensubstanz

Laufende Versuchsnummer		in den oberirdischen Teilen	in den Wurzeln
29.	8 Pflanzen	5800	2084 mg
”	30. 8 ”	4266	2084 ”
”	31. 8 ”	3761	1518 ”
”	32. 8 ”	3923	1672 ”

Es verhielt sich mithin die Trockensubstanz der

	oberirdischen Teile :	Wurzeln ==
Versuchsnummer 29.	73,6	: 26,4
” 30.	67,2	: 32,8
” 31.	71,2	: 28,8
” 32.	71,0	: 29,0
im Mittel =		70,8 : 29,2

In der Trockensubstanz wurde sandfreie Asche gefunden:

	von den oberirdischen Teilen	von den Wurzeln
Versuchsnummer 29.	9,73 Proz.	27,1 Proz.
” 30.	11,28 ”	29,1 ”
” 31.	10,48 ”	24,6 ”
” 32.	11,09 ”	31,6 ”
im Mittel 10,40 Proz.		28,1 Proz.

Im Jahre 1868 sollte eine grössere Versuchsreihe, deren Details erst später bei Besprechung der Ernährungsversuche eine passende Stelle finden können, Auskunft geben über die Aufnahme einer bestimmten Nährstoffmischung durch die Gerstenpflanze und die Verteilung derselben in den einzelnen Teilen der letzteren.

Diese Versuchsreihe bestand aus 24 Kulturgefäßen, welche mit je 4000 g gereinigtem Quarzsand gefüllt waren und von denen ein jedes als Zusatz erhalten hatte:

Saures phosphorsaures Kali	272 mg
Chlorkalium	75 "
Schwefelsaure Magnesia	96 "
Salpetersauren Kalk	1312 "

Am 30. April wurden pro Kulturgefäß 18 Gerstensamen von 1,19 bis 1,20 spezifischem Gewicht und 32,3 mg mittlerer Schwere eingesät und am 12. Mai die daraus hervorgegangenen Keimpflanzen auf je 12 Exemplare pro Gefäß reduziert. Während der Vegetation der sich in jeder Beziehung befriedigend entwickelnden Gerste wurde die Bodenfeuchtigkeit von 80 bis 40 Proz. der wasserfassenden Kraft schwankend erhalten.

Die Tendenz der Versuche verlangte eine eingehende Untersuchung der Pflanzen in verschiedenen Altersstufen und demzufolge wurden geerntet:

- 6 Gefäße am 22. Mai, — Pflanzen jung, — Periode I,
- 5 Gefäße am 2. Juni, — Pflanzen schon 36 cm hoch und im Beginne des Schossens, — Periode II.,
- 5 Gefäße am 16. Juni, — die Grannenspitzen waren aus der obersten Blattscheide hervorgetreten, — Periode III.,
- 5 Gefäße am 24. Juni, — Ende der Blüte, der Körneransatz hatte bereits begonnen, — Periode IV., und
- 3 Gefäße am 16. Juli, — völlige Reife, — Periode V.

Als hierher gehörig teilen wir von den Resultaten folgendes mit:

Von den Gerstenpflanzen wurden im Mittel pro Kulturgefäß an sandfreier Trockensubstanz geerntet:

Wurzel und Bodenvolumen.

Periode	in den		in den Wurzeln
	Körnern	in Stroh und Spreu	
I	1 673		979 mg
„ II	5 801		2209 „
„ III	12 452		2960 „
„ IV	4726	12 055	3306 „
„ V	9247	9 975	2676 „

Es verhielt sich somit die sandfreie Trockensubstanz in

Periode	Körnern : Stroh u. Spreu		: Wurzeln =
I	63,1		: 36,9
„ II	72,4		: 27,6
„ III	80,8		: 19,2
„ IV	23,5	: 60,0	: 16,5
„ V	42,2	: 45,6	: 12,2

Durch die chemische Analyse wurde in 100 Teilen Trockensubstanz gefunden:

Periode I.

	Oberirdische Pflanzenteile	Wurzeln
Organische Stoffe	86,472	75,434
Asche	13,528	24,566
Kali	5,473	2,819
Kalkerde	1,631	7,991
Magnesia	0,549	1,319
Phosphorsäure	1,577	2,413
Kieselsäure	2,407	7,230
Stickstoff	6,350	2,899

Periode II.

	Oberirdische Pflanzenteile	Wurzeln
Organische Stoffe	92,840	90,555
Asche	7,160	9,445
Kali	2,002	0,899
Kalkerde	1,199	3,519
Magnesia	0,455	0,392
Phosphorsäure	0,956	0,872
Kieselsäure	1,843	2,807
Stickstoff	3,299	2,389

Periode III.

	Oberirdische Pflanzenteile	Wurzeln
Organische Stoffe	95,895	93,266
Asche	4,105	6,734
Kali	0,861	0,637
Kalkerde	0,831	2,382
Magnesia	0,254	0,189
Phosphorsäure	0,540	0,519
Kieselsäure	1,251	2,177
Stickstoff	1,712	2,083

Periode IV.

	Körner	Stroh u. Spreu	Wurzeln
Organische Stoffe	97,633	96,557	93,202
Asche	2,367	3,443	6,798
Kali	0,554	0,444	0,577
Kalkerde	0,138	0,947	2,219
Magnesia	0,226	0,229	0,142
Phosphorsäure	0,909	0,284	0,353
Kieselsäure	0,572	1,200	2,594
Stickstoff	1,777	0,883	2,332

Periode V.

	Körner	Stroh u. Spreu	Wurzeln
Organische Stoffe	98,175	95,520	93,106
Asche	1,825	4,480	6,894
Kali	0,308	0,588	0,353
Kalkerde	0,114	1,243	2,889
Magnesia	0,195	0,200	0,148
Phosphorsäure	0,744	0,189	0,346
Kieselsäure	0,405	1,933	2,167
Stickstoff	1,198	0,891	2,615

Zur Ermittlung der Gewichtsverhältnisse und der Zusammensetzung der Haferwurzeln dienten uns einige Versuchsnummern — Nro. 295 bis 303 —, die wir noch außerdem benutzten, um die Summe der Längen aller Wurzelfasern zu finden, die sich in einem gegebenen beschränkten Bodenvolumen zu entwickeln vermochten.

Als Bodenmaterial war dabei Erde aus dem Garten der Versuchsstation verwendet worden. Alle etwa sonst nötig erscheinenden Bemerkungen über die Vegetationsbedingungen, unter denen die betreffenden Versuchspflanzen erzogen wurden, geben wir wenige Seiten weiter unten*).

Hier begnügen wir uns, folgende Angaben vorauszuschicken.

Man erhielt von jugendlichen Haferpflanzen in der Periode des Schossens (die junge Rispe zeigte sich schon innerhalb des obersten Blattes) an sandfreier Trockensubstanz:

	In den ober- irdischen Teilen	In den Wurzeln
Versuchsnummern 295, 296 und 297, zusammen		
30 Pflanzen	48 410	15 601 mg

Es verhielt sich mithin die Trockensubstanz der oberirdischen Teile zu der der Wurzeln wie 75,6 : 24,4

Haferpflanzen in voller Blüte ergaben an sandfreier Trockensubstanz:

	In den ober- irdischen Teilen	In den Wurzeln
Versuchsnummern 298, 299 und 300, zusammen		
29 Pflanzen	67 710	13 855 mg

Setzt man die ganze trockene Pflanze = 100, so verhalten sich die oberirdischen Teile zu den Wurzeln wie 83,0 : 17,0

Von reifen Haferpflanzen wurde erhalten an sandfreier Trockensubstanz:

	In den ober- irdischen Teilen	In den Wurzeln
Versuchsnummern 301, 302 und 303, zusammen		
30 Pflanzen	85 170	12 721 mg

Dies ergibt ein Verhältnis:

Oberirdische Teile : Wurzeln =
87,0 : 13,0

*) Vgl. S. 177 bis 180.

Die chemische Analyse ergab in 100 Teilen Trockensubstanz:

a. Oberirdische Pflanzenteile:

	Periode des Schossens	Periode der Blüte	Periode der Reife
Organische Substanz	85,02	85,64	86,98
Asche	14,98	14,36	13,02
Kali	5,85	5,39	4,23
Natron	0,24	0,27	0,50
Kalkerde	1,20	1,33	1,32
Magnesia	0,43	0,48	0,38
Phosphorsäure	1,55	1,53	1,28
Kieselsäure	2,74	2,12	2,12

b. Wurzeln:

	Periode des Schossens	Periode der Blüte	Periode der Reife
Organische Substanz	83,59	84,89	85,89
Asche	16,41	15,11	14,11
Kali	4,71	1,77	1,73
Natron	0,33	0,46	0,53
Kalkerde	1,80	1,56	2,53
Magnesia	0,70	0,41	0,44
Phosphorsäure	1,91	1,23	1,45
Kieselsäure	4,87	4,69	3,68

Über die Summe der Längen, welche alle einzelnen Glieder eines Wurzelnetzes in einem gegebenen beschränkten Bodenvolumen zusammen zu erreichen vermögen, können wir die nachstehenden Mitteilungen machen.

Zwar müssen wir zunächst gleich ehrlich gestehen, dafs wir dabei vor der Riesenarbeit*), jede einzelne der zahlreichen Fasern und Fäserchen genau zu messen, von vornherein zurückschreckten; aber es schien uns für unsere Zwecke vollkommen genügend, wenn wir die gesuchte Zahl nur mit einer annähernden Genauigkeit fanden, und schlugen zu diesem Behufe folgendes Verfahren ein.

Während es nach unseren Erfahrungen unmöglich ist, das Wurzelnetz einer im freien Felde stehenden Pflanze durch Auswaschen oder irgend ein anderes Mittel unversehrt aus dem Boden zu bringen, gelingt dies sehr leicht bei den in geschlossenen Gefäfsen gebauten Gewächsen.

*) Die Arbeit ist seitdem in bewundernswerter Weise von anderer Seite geleistet.

Man begießt, nachdem der oberirdische Teil der Pflanze weggeschnitten ist, den Boden zunächst so reichlich, daß sich derselbe fast bis zur Höhe seiner wasserfassenden Kraft sättigt, legt dann das Gefäß auf ein etwas erhöht und schief gestelltes Brett, so daß die obere Öffnung desselben schräg nach unten gerichtet ist, klopft leise an den Gefäßwänden, damit sich der Boden von denselben löst, und vermag dann leicht das Gefäß wie eine Haut von dem Bodenkonus nach rückwärts abzustreifen. Der letztere bleibt dann von dem ihn um- und durchstrickenden Wurzelnetze zusammengehalten ganz in der Form des Gefäßes auf dem Brette liegen, die Erd- und Sandpartikelchen lassen sich durch einen mächtig kräftigen Wasserstrahl leicht und vollständig aus den Wurzelmaschen herauspülen und man behält zuletzt das ganze Wurzelsystem in seiner natürlichen Lage, ohne jeden Verlust und nach Möglichkeit rein vor sich liegen.

So präparierte Wurzelmassen boten uns bei der Gerste und dem Hafer folgendes Bild dar. Bekanntlich entwickeln die Getreidearten keine Pfahlwurzel. Statt ihrer treten bei kräftigen Pflanzenexemplaren gleich am Stammende 20 bis 30 Wurzelfasern erster Ordnung ab, die an ihrer Basis, etwa ein Millimeter stark, sich schnell bis zu einem Durchmesser von etwa $\frac{1}{4}$ Millimeter verjüngen und dann bei gleichbleibender Stärke sich nach abwärts wenden, einzelne nur bis zur Mitte des Gefäßes niederreichend, andere bis zum Boden gehend, dann und wann auch eine noch rings um den Boden herumlaufend und einen vollen Kreis bildend. Die von diesen Hauptfasern sich abzweigenden Nebenwurzeln zweiter, dritter, vierter Ordnung sind kaum weniger lang, werden aber immer dünner — wir fanden den Durchmesser derselben zu $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{100}$ Millimeter — und bilden in ihrer außerordentlich großen Zahl das dichte Maschenetz, das alle Winkelchen des Bodens durchkriecht.

Um die Gesamtlänge dieses Wurzelgewirres annähernd zu bestimmen, wurden aus demselben eine Anzahl Probestücke von den Fasern aller Ordnungen ausgesucht, gemessen, getrocknet und gewogen. Sodann wurde, weil die Wurzeln nicht vollkommen frei von anhaftendem Sand und Erdteilchen zu erhalten sind, der Gehalt derselben an organischer Trockensubstanz ermittelt.

(Es ist wohl kaum nötig, zu erwähnen, daß man bei dem Aussuchen dieser Probestücke von den Nebenwurzeln niedriger Ordnung

immer viel mehr, als von denen höherer, und zwar schätzungsweise so viel Mal mehr nahm, daß man hoffen konnte, in der Probe einen guten Durchschnitt des Gesamtnetzes zu haben.)

Schließlich trocknete und wog man die ganze Wurzelmasse, stellte den Gehalt derselben an organischer Trockensubstanz fest und berechnete die Summe der Länge aller Wurzelfasern aus dem organischen Trockengewichte derselben auf Grund des Verhältnisses, welches die Probe zwischen Länge und organischer Trockensubstanz geliefert hatte.

Das Verfahren konnte uns nur eine annähernde Genauigkeit bieten, aber diese genügte uns für unsere Zwecke, und wie uns ein Vergleich mit den später von Nobbe bei seiner außerordentlich mühereichen vollständigen Ausmessung eines Wurzelsystems erhaltenen Zahlen zeigte, sind wir jedenfalls nicht allzuweit von der Wahrheit entfernt geblieben.

Für die Gerste benutzten wir bei diesen Ermittlungen zwei Versuchsreihen, deren oberirdische Produktion schon zu einem anderen Zwecke, nämlich zu einem Beweise für den Einfluß des absoluten Gewichtes des Saatgutes auf die Höhe der Ernte, gedient hatte. Die speziellen Kulturbedingungen für diese Versuche haben wir in Abschnitt I, erstes Kapitel, beschrieben und erlauben wir uns betreffs derselben auf S. 45 etc. unter den laufenden Versuchsnummern 7 bis 12 zu verweisen.

Es standen uns sechs Glasgefäße zu Gebote, die mit je fünf Kilo trockenem Gartenboden gefüllt worden und in denen je fünf Gerstpflanzen gewachsen waren. Die Vegetation war eine durchaus befriedigende gewesen und sämtliche Pflanzen hatten eine normale und sehr gleichmäßige Ausbildung erlangt.

Von den auf die vorher beschriebene Weise ausgewaschenen Wurzeln wurde das starke Anfangsstück etwa 1,5 cm weit vom Stammende mit weggeschnitten, so daß die folgenden Angaben sich nur auf die wirklichen Faserwurzeln, die an der stärksten Stelle einen Durchmesser von 0,3 mm hatten, beziehen.

Die Messung und Wägung der Wurzelprobestücke ergaben:

	Organische Trockensubstanz
410 cm Wurzeln gaben nach dem Trocknen und Verbrennen	0,042 g
390 „ „ „ „ „ „ „ „ „	0,030 „
400 „ „ „ „ „ „ „ „ „	0,036 „
430 „ „ „ „ „ „ „ „ „	0,036 „
510 „ „ „ „ „ „ „ „ „	0,038 „
<hr/>	
In 2140 cm Wurzeln wurden also gefunden in Summa	0,182 g

Die ganze Wurzelmasse der sechs Gefäße enthielt:

	Organische Trockensubstanz
Versuchsnummer 7.	1,504 g
„ 8.	1,703 „
„ 9.	1,868 „
„ 10.	1,636 „
„ 11.	1,725 „
„ 12.	1,709 „

Also die Summa von sechs Gefäßen und 30 Gerstpflanzen . . . 10,145 g

Mit Zugrundelegung der obigen Messung berechnet sich die Länge des gesamten Wurzelwerkes der 30 Pflanzen auf (0,182 : 2140 = 10,145 : 119 285) zirka 119 000 cm, d. i. per Gefäß durchschnittlich auf zirka 198 m und per Pflanze auf zirka 40 m.

Mit anderen Worten: wenn man sämtliche Haupt- und Nebenwurzeln, die in einem Gefäße oder an einer Pflanze gewachsen sind, an ihrer Basis abschnidet und die Stücke in einer geraden Linie aneinanderlegt, so würde man einen Faden erhalten, der von sämtlichen Wurzeln aus einem Gefäße 198 m und von den Wurzeln einer einzelnen Gerstpflanze 40 m lang ist.

Neben dieser Versuchsreihe in Gartenboden war im Jahre 1863 zur Ermittlung des Einflusses, den das absolute Gewicht des Saatgutes auf die Entwicklung der Pflanze ausübt, noch eine zweite in einem Feldeboden (schwach lehmiger Sand) ausgeführt worden und wir benutzten dieselbe gleichfalls zu einer gelegentlichen Bestimmung der Wurzellängen.

Die gläsernen Kulturgefäße waren in beiden Reihen gleich groß. Von dem schwereren Feldeboden aber faßten dieselben mehr als von dem lockeren humosen Gartenboden und zwar war jedes mit 5,3 kg Feldeboden (trocken) beschickt.

Die Vegetation war hier eine weniger befriedigende. Zwar zeigte das Wachstum keine abnorme Erscheinung, die erzeugte Erntemasse aber blieb ansehnlich hinter der im Gartenboden produzierten zurück.

Die speziellen Bedingungen der Versuche s. S. 46 etc. unter Versuchsnummer 19 bis 22.

An den hiervon genommenen Wurzelprobestücken wurde gefunden:

	Organische Trockensubstanz
390 cm Wurzeln enthielten	0,030 g
210 " " "	0,020 "
200 " " "	0,024 "
190 " " "	0,024 "
270 " " "	0,031 "
In Summa enthielten 1260 cm Wurzelfasern	0,129 g

Die Gesamtmenge der Wurzeln ergab:

	Organische Trockensubstanz
Von Versuchsnummer 19.	1,147 g
" " 20.	1,074 "
" " 21.	1,153 "
" " 22.	1,735 "
Das ist in Summa von vier Gefäßen und 20 Gerstpflanzen	5,109 g

Hieraus berechnet sich die Länge des gesamten Wurzelwerks aus den vier Gefäßen auf $(0,129 : 1260 = 5,109 : 49\,902)$ zirka 50 000 cm, das ist pro Gefäß durchschnittlich auf etwa 125 m und pro Pflanze auf zirka 25 m.

Um für Hafer in ähnlicher Weise zu einem Resultate zu gelangen und um zugleich die Dimensionen des Wurzelgeflechtes in verschiedenen Stadien der Entwicklung feststellen zu können, wurde im Jahre 1863 noch eine besondere und lediglich für diesen Zweck bestimmte Versuchsreihe in Gang gesetzt.

Man benutzte hierzu gläserne Kulturgefäße, die reichlich doppelt so hoch und im Durchmesser etwas weiter waren, als die bei den vorbeschriebenen Gerstversuchen gebrauchten und füllte dieselben mit dem auch dort teilweise verwendeten Gartenboden an. Jedes Gefäß erhielt von diesem Boden 12,5 kg (vollkommen trocken gerechnet) und wurde mit 10 Haferkörnern von gleicher absoluter Schwere besät.

Die während der Vegetation festgehaltene Bodenfeuchtigkeit, Aufstellung der Kulturgefäße und überhaupt alle übrigen Versuchsbedingungen waren genau dieselben wie bei den vorstehenden Versuchen mit Gerste.

Leider erlaubten anderweite Arbeiten erst im Juli mit den Versuchen zu beginnen und in Folge davon fiel die letzte Periode unserer Hafervegetation in eine so späte Jahreszeit, daß man den Verlauf derselben wohl nicht als vollkommen normal ansprechen darf.

Bis zur Blütenbildung hielten sich die Haferpflanzen vortrefflich, aber die Ausbildung der Körner erfolgte langsam und zögernd und das Ausreifen ging nicht mit der gehörigen Energie vor sich. Anfang November waren die Körner zwar fest, aber mehrere Blüten erwiesen sich als taub oder trugen schlecht entwickelte Früchte, — die meisten Blätter waren zwar normal abgestorben, aber eine Anzahl spät nachgekommener und rispenlos gebliebener Seitentriebe hielt sich noch immer grün.

Auf die Wurzelentwicklung hatte dieser Umstand wahrscheinlich keinen Einfluß, weil anzunehmen ist, daß dieselbe schon bei Beginn der Fruchtbildung im Wesentlichen vollendet war.

Die Ernte der Versuchsreihe wurde in drei verschiedenen Perioden vorgenommen und jedes Mal eine Wurzelmessung nach der oben beschriebenen Methode damit verbunden, und zwar nahm man:

Periode I. am 25. August beim Beginn des Schossens. Die drei unteren Blätter waren ziemlich entfaltet, die beiden oberen noch gerollt; innerhalb des letzten Blattes zeigte sich bereits die junge Rispe.

Periode II. am 13. September. Die Pflanzen standen in voller Blüte.

Periode III. am 6. November. Die Vegetation konnte in der Hauptsache als abgeschlossen und der Hafer als reif angesehen werden.

Bei der Wägung und Messung der Wurzeln wurde gefunden:

Periode I. Beginn des Schossens.

Die Gesamtmenge der Wurzeln enthielt:

	Organische Trockensubstanz
Von Gefäß, laufende Versuchsnummer 295., mit 10 Pflanzen	3,865 g
" " " " 296., " 10 "	4,690 "
" " " " 297., " 10 "	4,485 "
<hr/>	
In Summa von drei Gefäßen und 30 Haferpflanzen	13,040 g

Hiervon gemessene und gewogene Probestücke:

410 cm gaben	0,040 g organische Trockensubstanz
330 " " "	0,030 " " "
340 " " "	0,024 " " "
350 " " "	0,031 " " "

In Summa enthielten 1430 cm Wurzeln 0,125 g organische Trockensubstanz

Mit Zugrundelegung dieser Messung betrug die Länge des gesamten Wurzelwerks aus allen drei Gefäßen (0,125 : 1430 = 13,040 : 149 178) zirka 150 000 cm, das ist durchschnittlich pro Gefäß rund 500 m und pro Pflanze 50 m.

Periode II. Blüte.

Die Gesamtmenge der Wurzeln enthielt:

	Organische Trockensubstanz
Von Gefäß, laufende Versuchsnummer 298., mit 10 Pflanzen	4,058 g
" " " " 299., " 10 "	3,925 "
" " " " 300., " 9*) "	3,778 "
<hr/>	
In Summa von drei Gefäßen und 29 Haferpflanzen	11,761 g

Hiervon gemessene und gewogene Probestücke:

360 cm gaben	0,037 g organische Trockensubstanz
330 " " "	0,036 " " "

In Summa enthielten 690 cm Wurzeln 0,073 g organische Trockensubstanz

Hieraus berechnet sich die Länge des Gesamtwurzelwerks aus den drei Gefäßen (0,073 : 690 = 11,761 : 111 166) auf zirka 11 000 cm, das ist durchschnittlich pro Gefäß etwa auf 370 m und pro Pflanze auf reichlich 38 m.

*) In Gefäß Nro. 300 war einer von den zehn ausgesäeten Samen gar nicht aufgegangen.

Periode III. Reife.

Die Gesamtmasse der Wurzeln enthielt:

		Organische Trockensubstanz
Von Gefäß, laufende Versuchsnummer	301., mit 10 Pflanzen	3,371 g
” ” ” ”	302., ” 10 ”	4,469 ”
” ” ” ”	303., ” 10 ”	3,086 ”
In Summa von drei Gefäßen und 30 Haferpflanzen		10,926 g

Hiervon gemessene und gewogene Probestücke:

540cm Wurzeln gaben	0,047 g organische Trockensubstanz
730 ” ” ”	0,065 ” ” ”
680 ” ” ”	0,043 ” ” ”

In Summa enthielten 1950cm Haferwurzeln 0,155 g organische Trockensubstanz

Daraus ergibt sich die Länge des Gesamtwurzelwerks aus den drei Gefäßen ($0,155 : 1950 = 10,926 : 137\ 456$) zu zirka 138 000 cm, das ist durchschnittlich pro Gefäß zu 460 und pro Pflanze zu 46 m.

Wenn die Messungen an den Haferpflanzen in den beiden letzten Perioden eine geringere Länge des gesamten Wurzelnetzes ergeben, als in der ersten, so ist dafür vielleicht zum Teil in der Unvollkommenheit unseres Verfahrens eine Erklärung zu suchen, zum Teil aber liegt der Grund jedenfalls darin, daß bei den in geschlossenen Gefäßen wachsenden Pflanzen ein Teil der Wurzeln schon frühzeitig abstirbt und in Zersetzung übergeht.

Zweifellos bestätigen die erhaltenen Zahlen unsere oben aufgestellte Behauptung, daß von der Pflanze die größte Energie auf die Ausbildung der Wurzeln in der frühesten Jugendperiode verwendet wird und daß die Entfaltung des Wurzelnetzes beim Beginn der Fruchtbildung — vielleicht sogar noch früher — in der Hauptsache beendet ist. Ob später überhaupt noch neue Wurzelfasern gebildet werden, vermochten wir nicht mit Sicherheit zu konstatieren. Wenn es der Fall ist, so reicht dieser Nachschub jedenfalls nicht aus, um die allmählich absterbenden Fasern vollkommen zu ersetzen.

Als durchschnittliche Länge des gesamten Wurzelwerks einer einzelnen Pflanze fanden wir:

Bei der Gerste in Gartenboden	40 Meter,
in Feldboden	25 ”
Bei dem Hafer	38—50 ”

Diese Zahlen beweisen die enorme Längenausdehnung, welche das Wurzelnetz einer Pflanze erlangt, haben aber sonst keinen allgemeinen Wert weiter, denn natürlich wird jede Gerstpflanze, die kleiner ist, als unsere Versuchspflanzen, eine kleinere Zahl für ihre Wurzellänge aufweisen, und jede, die größer ist, eine entsprechend größere. Die Größe einer Pflanze ist aber ein sehr variables Ding. Wir bauten bei anderen Gelegenheiten z. B. Gerstpflanzen, die, wie ihre ganze Vegetation und die Verhältnisse ihrer einzelnen Teile nachwiesen, durchaus normal entwickelt waren und in ihren oberirdischen Organen nicht mehr als 600 mg Trockensubstanz enthielten, — und wir bauten wiederum solche, die ebenfalls ganz normal gewachsen, in ihrem oberirdischen Teile bis zu 33 000 mg Trockensubstanz erzeugt hatten. Aber die oben für die Wurzeln gefundenen Längen können wenigstens als ungefähre Mittelwerte betrachtet werden, weil sie von normal gewachsenen Pflanzen mittlerer Größe erhalten wurden. Je ein Exemplar von unseren Versuchspflanzen enthielt nämlich in seinem oberirdischen Teile durchschnittlich:

Gerste in Gartenboden	4590 mg	Trockensubstanz,
" " Feldboden	1800 "	"
Hafer reif	2840 "	"

Wichtiger erscheint uns das Verhältnis, in welchem die Länge des gesamten Wurzelwerks zu dem Bodenvolumen steht, das den Pflanzen für ihre Entwicklung zur Verfügung gestellt war.

Stellen wir folgende einfache Rechnung an:

Der innere Raum der Glasgefäße, oder vielmehr der Bodenkonus, in welchem die Gerste der ersten Versuchsreihe (Nr. 7 bis 12) gewachsen war, hatte folgende Dimensionen:

15 cm oberen	} 13 cm mittleren Durchmesser,
11 " unteren	

bei 28 cm Höhe, also $6,5 \times 6,5 \times 3,1416 \times 28 = 3716$ ccm

Inhalt und darin waren (wenn mit Gartenboden gefüllt) 198 m Wurzelfasern gewachsen. Nehmen wir als runde Zahl an:

200 000 mm Wurzeln gingen durch
3 800 000 cmm Boden;

je 1 mm Wurzel hatte also nicht mehr als 19 cmm Erde oder einen Bodenzylinder, der bei 1 mm Höhe 5 mm Durchmesser hatte, zur

Disposition. Jeder Wurzel blieb nicht mehr Raum, als nach jeder Seite hin höchstens $2\frac{1}{2}$ mm.

Ganz ähnlich stellt sich das Verhältnis bei den Haferpflanzen. Der Bodenkonus hatte dort 16 cm oberen und 13 cm unteren Durchmesser bei 58 cm Höhe; dies ergibt rund 9 600 000 cmm Inhalt und die Wurzellänge des Hafers wurde in der III. Periode zu 460 000 mm pro Gefäß gefunden. Es hatte demnach hier je 1 mm Haferwurzel etwas weniger als 21 cmm Boden zur Verfügung.

Bei den oben S. 169 ff. angeführten Kulturversuchen mit Gerste aus dem Jahre 1868 wurde die Gesamtlänge aller Wurzelfasern pro Kulturgefäß nach der früher beschriebenen Methode annähernd wie folgt gefunden:

Periode I., Pflanzen jung	7 517 cm
	6 263 „
	6 601 „
d. i. im Mittel pro Gefäß	6 794 cm
und im Mittel pro 1 Pflanze	566 „
Periode II., Beginn des Schossens	20 597 „
	15 220 „
d. i. im Mittel pro Gefäß	17 908 cm
und im Mittel pro 1 Pflanze	1 492 „
Periode III., Erscheinen der Ähren	34 806 „
	31 724 „
d. i. im Mittel pro Gefäß	33 265 cm
und im Mittel pro 1 Pflanze	2 772 „
Periode IV., Beginn des Körneransatzes	33 472 „
	34 188 „
d. i. im Mittel pro Gefäß	33 830 cm
und im Mittel pro 1 Pflanze	2 817 „
Periode V., Pflanzen reif	32 882 „
	38 097 „
d. i. im Mittel pro Gefäß	35 489 cm
und im Mittel pro 1 Pflanze	2 957 „

Der in den Kulturgefäßen eingeschlossene Bodenkonus (Sand mit Nährstoffmischung) hatte hier

14,5 cm oberen }
 12,5 „ unteren } 13,5 cm mittleren Durchmesser und 18,5 cm Höhe,
 d. i. 2548 ccm Inhalt.

Eine gleichmäßige Verteilung des Wurzelgewebes im Boden angenommen, würde demnach in diesem Falle je 1 mm Wurzellänge treffen auf:

Periode I.	37,5	cm	Sand,
„ II.	14,2	„	„
„ III.	7,7	„	„
„ IV.	7,5	„	„
„ V.	7,2	„	„

Für unsere spezielleren Versuchszwecke entnehmen wir aus dem Mitgeteilten dreierlei:

Zunächst sehen wir darin den Beweis, daß unter den Bedingungen, unter welchen sich die Pflanzen bei der Sandkultur befinden, das Wurzelwerk derselben in der That in einem Grade zusammengedrängt wird, welcher Besorgnis erregen kann und welcher es dem Versuchsansteller geradehin zur Pflicht macht, experimentell nachzuweisen, daß die kultivierten Pflanzen in der von ihm gewählten Gefäßgröße sich normal zu entwickeln vermögen und in ihrer Massenproduktion nicht geschädigt werden.

Sodann schöpfen wir anderseits aus der bedeutenden Längenentwicklung, welche die Summe aller Wurzelglieder auch in geschlossenen Gefäßen erreicht, und der darin ausgesprochenen überaus reichen Verzweigung, die ein Wurzelsystem anzunehmen vermag, wiederum die Hoffnung, daß die meisten Kulturpflanzen eine bedeutende Fähigkeit haben, in dieser Beziehung auch wenig günstigen Verhältnissen sich anzupassen und die Nachteile derselben zu überwinden.

Endlich finden wir in der konstatierten geradezu bewundernswürdigen Ausnutzung des Bodenvolumens durch die Wurzeln die Garantie, daß bei der Sandkultur eine Verwertung der absichtlich zugesetzten Nährstoffe stattfindet, wie sie besser und intensiver nicht zu wünschen ist.

Drittes Kapitel.

Verhalten der Wurzeln in kleinen und flachen Gefäßen
bei sehr beschränktem Bodenvolumen.

Aus den in den beiden vorhergehenden Kapiteln mitgeteilten Beobachtungen hatten wir den Schlufs abgeleitet, dafs die Beschränkung in der Entwicklung der Wurzel, welche die Gewächse bei der Sandkultur zweifellos und in bedeutendem Grade erfahren können, jedem Versuchsansteller die Pflicht auferlege, experimentell nachzuweisen, dafs die von ihm für seine Kulturgefäße gewählte Form und Gröfse nicht Veranlassung geben können, die Vegetation der Versuchspflanzen in erheblicher Weise zu schädigen, oder in abnorme Bahnen zu drängen.

Um zunächst dieser Pflicht mit spezieller Rücksicht auf unsere Ernährungsversuche zu genügen, wurden eine Anzahl kleiner gläserner Kulturgefäße von genau zylindrischer Form, 14 cm lichtigem Durchmesser und 18 cm Höhe derart vorbereitet, dafs man auf den Boden derselben zunächst behufs einer wohlthätigen Luftdrainage eine Lage kleiner Quarzstückchen, darauf eine dünne Schicht Baumwolle brachte und auf diese 3250*) g lufttrocknen (entsprechend 3100*) vollkommen trocknen) Gartenboden einfüllte.

Von diesen Gefäßen wurden darauf je zwei mit:

Gerste	à 10 Samen,	
Erbsen	à 6	„
Pferdebohnen	à 2	„
Buchweizen	à 4	„
Lupinen	à 2	„ und
Rotklee	à x	„

*) Zwei Kulturgefäße erhielten aus Gründen, die im nächsten Abschnitte Erwähnung finden, nur 3100 g lufttrocknen = 3005 g vollkommen trocknen Boden. Es waren die beiden Nummern, welche mit Rotklee angesät wurden.

angesät und mit soviel destilliertem Wasser begossen, daß sich die Feuchtigkeit des Bodens auf 60 Proz. seiner wasserfassenden Kraft stellte.

Als sich der locker eingefüllte Boden nach dem Begießen gesetzt hatte, stellte er in dem Kulturgefäße einen Cylinder von 14 cm Durchmesser und $15\frac{1}{2}$ cm *) Höhe dar.

Bald nach dem Aufgehen der Pflanzen wurde die Zahl derselben durch Wegschneiden der weniger gut entwickelten Exemplare derart reduziert, daß pro Kulturgefäße nur stehen blieben:

Gerste	je 6 Pflanzen,
Erbsen	je 3 „
Pferdebönnen	je 1 Pflanze,
Buchweizen	je 2 Pflanzen,
Lupinen	je 1 Pflanze und
Rotklee	je 1 Pflanze.

Während der späteren Vegetation hielt man dieselben, so weit es das Wetter zuließ, im Freien und versorgte sie derart mit Wasser, daß die Feuchtigkeit des Bodens immer von 60 bis 30 Proz. seiner wasserfassenden Kraft schwankte.

Daß das Wachstum der Pflanzen in diesem geringen Bodenvolumen anfangs ein durchaus befriedigendes war, konnte nicht Wunder nehmen. Aber schon nach 10 bis höchstens 20 Tagen von dem Datum der Aussaat gerechnet hatten die ersten Wurzeln von sämtlichen Pflanzenarten die ihnen gewährte flache Bodenschicht durchheilt und trafen auf den Boden des Kulturgefäßes auf. Dort bogen sie sich größtenteils um und wuchsen, so weit sich dies von außen beobachten ließ, teils horizontal, oft einer Kreis- oder Spirallinie folgend, weiter, teils gingen sie allmählich zu Grunde. Während dem waren überall auch zahlreiche Nebenwurzeln an den Seiten des Bodencylinders hervorgebrochen und stiegen in raschem Weiterwachsen an den Innenwänden der Kulturgefäße hernieder, um ebenfalls bald den Boden zu erreichen und sich dort umzubiegen oder abzusterben. Ihnen folgten bald andere und diese Bildung von Nebenwurzeln dauerte in ununterbrochener Folge und Emsigkeit so lange fort, bis ungefähr das Längenwachstum des oberirdischen Teils der Pflanze vollendet war. Bei den Bohnen und Erbsen, späte

*) In den beiden mit Klee bestellten Gefäßen 15 cm Höhe.

auch bei dem Klec liefen bisweilen drei, vier oder fünf stärkere Nebenwurzeln parallel neben einander her und hatten sich so dicht an einander geschmiegt, daß sie auf längere Strecken zu einer Bandfläche verwachsen zu sein schienen. Die Gerste und noch mehr der Buchweizen hatten eine solche Menge feiner und feinsten Nebenwurzeln an die äufseren und unteren Wände des Bodenzylinders entsendet, daß dieselben wie mit einem zusammenhängenden Gazegewebe überzogen aussahen. Auch von den weiter oben an den Seitenflächen ausgetretenen Nebenwurzeln starb ein großer Teil schon während der lebhaftesten Vegetation der Pflanze wieder ab, wie an dem mifsfarbenen oder vertrockneten und zerfetzten Aussehen derselben zu erkennen war. Als man nach erfolgter Ernte der oberirdischen Pflanzenteile die Vegetationsgefäße entleerte, wurde der Boden von den ihn durch- und umsetzenden Wurzeln so fest zusammengehalten, daß kein Partikelchen sich losbröckelte; und nachdem man schliesslich die Erdteilchen unter Wasser aufgeweicht und vorsichtig fortgeschwemmt hatte, repräsentirte sich das rückständige Wurzelgewebe vollständig in Form eines aus dichtem Flechtwerk bestehenden Vollzylinders von 14 cm Durchmesser und ungefähr 15 cm Höhe.

Alle diese Beobachtungen zeigten, daß unsere Versuchspflanzen in Bezug auf die Ausbildung ihres Wurzelwerkes herzlich schlecht situirt waren. Vielleicht keine einzige ihrer Wurzelfasern vermochten sie zu ihrer normalen Länge zu entwickeln; sie mußten sich dadurch helfen, daß sie immer neue Nebenwurzeln ins Treffen führten; ihr ganzes Leben war in dieser Richtung ein angestrengter Kampf ums Dasein.

Einen nachteiligen Einfluß hiervon auf das Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile aber, oder irgend welche abnorme Erscheinung in dem Verlaufe der gesamten Vegetation vermochten wir niemals zu entdecken. Stengel und Blätter blieben von Anfang bis Ende gesund, die Pflanzen trieben ihre Nebenzweige, blühten, brachten Frucht und reiften zu derselben Zeit, wie ihre unter günstigeren Verhältnissen vegetierenden Schwestern. Freilich entwickelten sie sich nicht zu aufsergewöhnlicher Größe und auffallender Üppigkeit, aber sie erreichten doch durchschnittlich die Vollkommenheit, die uns etwa die Feldpflanzen in gewöhnlichen Jahrgängen auf Bodenarten geringerer Güte zeigen.

Einzig die Lupinen machten hiervon eine Ausnahme. Schon nach

kurzer Vegetationszeit wurde ihr Aussehen matt; ihre Blätter nahmen eine mehr gelblich-grüne Farbe an und die Energie des gesamten Wachstums war und blieb sichtlich eine geringe. Zwar lebten die Lupinen so lange wie die Erbsen und Bohnen, brachten auch Blüten und Samen zu rechter Zeit, aber in Vergleich mit der Entwicklung der anderen Pflanzenarten mußte das Wachstum derselben allezeit als durchaus unbefriedigend bezeichnet werden.

Die Pflanzen hatten schliesslich an Trockensubstanz erzeugt:

	Laufende Versuchs- nummer	Körner g	Spren g	Stroh g	in Sa. g
Gerste:	304.	9,38	1,70	9,15	20,23
	305.	8,66	1,56	8,11	18,33
	im Mittel	9,02	1,63	8,63	19,28
	Erbsen:				
Erbsen:	306.	13,96	3,01	13,07	30,04
	307.	14,01	2,93	12,95	29,89
	im Mittel	13,99	2,97	13,01	29,97
	Pferdebönnen:				
Pferdebönnen:	308.	16,94	5,30	8,50	30,74
	309.	16,68	5,18	8,07	29,93
	im Mittel	16,81	5,24	8,29	30,34
	Buchweizen:				
Buchweizen:	310.	8,37	11,86		20,23
	311.	9,01	16,05		25,06
	im Mittel	8,69	13,96		22,65
	Lupinen:				
Lupinen:	312.	3,00	2,92	6,08	12,00
	313.	3,45	3,41	8,38	15,24
	im Mittel	3,23	3,16	7,23	13,62

Dafs unsere Versuchspflanzen (mit alleiniger Ausnahme der Lupinen) sich vollkommen gesund und normal entwickelt hatten, wird durch nichts besser bewiesen, als durch das günstige Verhältnis, welches die gemachte Ernte zwischen der Stroh- und Körnerproduktion nachweist.

Von der in Summa erzeugten Trockensubstanz entfielen auf

	Laufende Versuchs- nummer	die Körner Proz.	die Spreu Proz.	das Stroh Proz.
Gerste:	304.	46,4	8,4	45,2
	305.	47,2	8,5	44,3
	im Mittel	46,8	8,5	44,7
Erbsen:	306.	46,4	10,1	43,5
	307.	46,9	9,8	43,3
	im Mittel	46,6	10,0	43,4
Pferdeböhen:	308.	55,1	17,2	27,7
	309.	55,7	17,3	27,0
	im Mittel	55,4	17,3	27,3
Buchweizen:	310.	41,4	58,6	
	311.	35,9	64,1	
	im Mittel	38,7	61,3	
Lupinen:	312.	25,0	24,3	50,7
	313.	22,6	22,4	55,0
	im Mittel	23,8	23,3	52,9

Und dafs auch die Gesamtproduktion in unserem Falle eine solche war, dafs man sich durch sie befriedigt erachten durfte, wird am besten klar werden, wenn wir einmal die Ernte jedes Vegetationsgefäfses auf den Ertrag pro Hektar umrechnen. (Wir wissen sehr gut, was sich alles mit vollstem Rechte gegen derartige Rechnungen einwenden läfst und wir kommen selbst wohl noch einmal auf diesen Gegenstand zurück; aber aus der oben mitgetheilten Grammmzahl gemerteter Trockensubstanz wird sich wohl schwerlich Jemand ein deutliches Bild von der absoluten Höhe des Ertrages zu machen vermögen und deshalb wird vielleicht unsere Rechnung hier, wo dieselbe keinen anderen Zweck hat, als ein Urtheil darüber zu ermöglichen, ob man die in den flachen Gefäfsen gemachten Ernten für befriedigend erachten soll oder nicht, Verzeihung finden.)

Die kreisförmige lichte Oberfläche unserer Vegetationsgefäfses hatte einen Durchmesser von 14 cm, also einen Inhalt von $154 \square \text{ cm}$. Ein Hektar enthält $10\,000 \square \text{ m}$, d. i. $= 100\,000\,000 \square \text{ cm}$. Ein Hektar bietet mithin einen Raum, der gleich ist der Oberfläche von $650\,000$

unserer Kulturgefäße. Legen wir diese Zahl der Umrechnung zu Grunde, so würden unsere Ernten gleichkommen einem Ertrage pro Hektar:

bei der Gerste:

Körner	5863 kg = 100 hl à 58¼ kg
Spreu	1060 „
Stroh	5610 „

bei den Erbsen:

Körner	9094 kg = 113¾ hl à 80 kg
Spreu	1930 „
Stroh	8457 „

bei den Pferdebohnen:

Körner	10 927 kg = 133 hl à 82 kg
Spreu	3 406 „
Stroh	5 389 „

bei dem Buchweizen:

Körner	5649 kg = 88⅔ hl à 63,7 kg
Stroh und Spreu	9074 „

bei den Lupinen:

Körner	2100 kg = 25⅔ hl à 82 kg
Spreu	2054 „
Stroh	4700 „

Während in der landwirtschaftlichen Praxis die gewöhnlichen Erträge pro Hektar nach O. Rohde (s. Mentzel und v. Lengerke's verbesserten landwirtschaftlichen Hilfs- und Schreibkalender-Hilfsbuch) schwanken

bei der Gerste:

Körner	17,2—30,1 hl à 58¼ kg
Stroh	1175—2350 kg

bei den Erbsen:

Körner	12,9—25,8 hl à 80 kg
Stroh	1566—3524 kg

bei den Pferdebohnen:

Körner	17,2—34,4 hl à 82 kg
Stroh	2350—4700 kg

bei dem Buchweizen:

Körner	12,9—25,8 hl à 63,7 kg
Stroh	2350—3133 kg

bei den Lupinen:

Körner	8,6—25,8 hl à 82 kg
Stroh	1566—1958 kg.

Man mag, wie gesagt, auf diese Vergleichung so wenig Wert legen, wie man will, so viel wird man doch mit Rücksicht auf dieselbe zugestehen müssen, daß die Mehrzahl der von uns gewählten Versuchspflanzen in dem ihnen gewährten kleinen Bodenvolumen und bei einer nutzbaren Bodentiefe von nur $15\frac{1}{2}$ cm d. i. knapp 6 Zoll preussisch nicht nur normal und gesund zu vegetieren, sondern auch eine Erntemasse zu produzieren vermochten, die als zufriedenstellend zu bezeichnen war.

Ein ganz besonderes Interesse gewährte nun noch die Vegetation des bis jetzt nicht mit erwähnten Klees — der einzigen zu den Versuchen herangezogenen mehrjährigen Pflanze —, einer Pflanze, von der man annimmt, daß sie mehr als andere geneigt sei, ihre Wurzeln in die tieferen Bodenschichten hinabzusenden, ja von der man oft behauptet, daß sie mit ihrem Nährstoffbedürfnisse vorzugsweise auf den Untergrund angewiesen sei.

Es sei gleich vorweg im Allgemeinen bemerkt, daß auch der Klee Wachstumsstörungen irgend welcher Art oder Krankheitserscheinungen, deren Grund in einer abnormen Ausbildung der Wurzel zu suchen wäre, niemals bemerken liefs.

Schon vierzehn Tage nach der Aussaat hatten die ersten Wurzeln den Boden der Versuchsgefäße erreicht und ungefähr zu gleicher Zeit traten auch einzelne Nebenwurzeln an den Seitenwänden hervor.

Die gesamte Entwicklung des Klees schritt seiner Natur gemäß langsamer vorwärts, als das der übrigen Pflanzenarten und am Schlusse des Jahres hatten die beiden Pflanzen offenbar nicht nur ihre Vegetation noch nicht abgeschlossen, sondern auch das mögliche Maximum ihrer Ausbildung noch nicht erreicht, aber schon Anfangs Juli waren ein paar Stengel bis zur Blüte gediehen, die am 17. desselben Monats geschnitten werden konnten und die darauf weiter schreitende Vegetation erlaubte am 14. September noch einmal einige Stengel in voller Blüte zu ernten.

Das Wurzelwerk, welches in seinem äußeren Baue am meisten Ähnlichkeit mit dem der Erbse zeigte, hatte sich währenddem durch Erzeugung zahlreicher Nebenwurzeln bedeutend vervollständigt, so daß es an den Seiten und der Basis des Bodenzylinders ein ziemlich dichtes Geflecht herstellte. Auch hier war übrigens, wie beiläufig bemerkt sein mag, das Absterben älterer Wurzelzweige schon im ersten Jahre mehrfach zu konstatieren.

Im Spätherbste hatten die Pflanzen noch ein so frisches und lebenskräftiges Aussehen, daß man den Versuch zu machen beschloß, sie zu überwintern. Die Gefäße blieben deshalb, so lange es die Temperatur nur irgend erlaubte, im Freien resp. im Glashause stehen und wurden dann, als hartes Frostwetter eintrat, in einem ungeheizten aber ziemlich frostfreien Zimmer untergebracht.

Der Versuch gelang vollkommen. Die Pflanzen erhielten sich den Winter über lebendig; am 8. Januar 1873 entfernte und sammelte man die abgestorbenen und die älteren seit der Ernte vom 14. September 1872 noch nachgetriebenen Blätter, um das Gewicht derselben bestimmen zu können, und mit dem beginnenden Frühjahr hatten wir das Vergnügen, unsere Kleepflanzen frisch austreiben und einen neuen Vegetationszyklus fröhlich beginnen zu sehen.

Gegen Schluß des ersten Jahres wurden unsere Pflanzen von dem Mehltau (*Erysiphe communis*) befallen, der sich besonders im Winterquartiere stark vermehrte. Wir suchten den Pilz durch Wegschneiden der angegriffenen Blätter teils bei Gelegenheit der am 8. Januar vorgenommenen Ernte, teils auch später an der neu vegetierenden Pflanze zu bekämpfen, wurden ihn aber das ganze Jahr 1873 hindurch nicht wieder los. Ein erheblich schädlicher Einfluß desselben auf das Allgemeinbefinden der Pflanze und selbst auch auf den Ertrag derselben war dabei übrigens nicht zu bemerken.

Mit unseren Versuchsbedingungen hat das Auftreten des Pilzes sicher nichts zu thun, wir meinen, dasselbe ist nicht etwa als eine sekundäre Folge der künstlichen Beschränkung des den Wurzeln zu ihrer Entwicklung gestatteten Raumes zu betrachten, wie daraus unzweifelhaft hervorgeht, daß einige andere von uns gleichzeitig in sehr hohen und großen Kulturgefäßen angebaute Kleepflanzen eben so gut oder eben so schlimm befallen wurden und daß selbst im Freien die benachbarten Kleeschläge schon im Spätherbste auf das Ärgste von dem Mehltaue mitgenommen wurden.

Im Jahre 1873 verlief die Vegetation so günstig, daß wir unseren Klee dreimal in der Blüte schneiden konnten.

Nach jedem Schnitte brach zunächst eine neue Serie von Nebenwurzeln hervor und das Gewebe von teils abgestorbenen, teils lebenden Kleewurzeln, das an den Innenwänden der Vegetationsgefäße herabließ, wurde schließlich so dicht, daß man durch dasselbe nichts mehr von dem Boden bemerken konnte.

Am Ende des zweiten Versuchsjahres zeigten die beiden Pflanzen immer noch frische, grüne Stengel- und Blattansätze und es gelang ohne Schwierigkeit, dieselben noch einmal durch den Winter zu bringen.

War das Wachstum im Jahre 1874, also im dritten Lebensjahre der Pflanzen, auch minder energisch und weniger produktiv, als im zweiten, so konnten doch noch zweimal und zwar am 5. Juni und 15. Juli in voller Blüte stehende Stengel geerntet werden.

Von da an aber war die Produktionskraft sichtlich erschöpft und nur noch wenige Blätter nebst ein paar ärmlichen Stengelansätzen wurden nachgetrieben. Mit dem Ende des dritten Lebensjahres starben die Pflanzen allmählich vollständig ab.

An Trockensubstanz war mit den verschiedenen Schnitten nach und nach geerntet worden:

Von der Versuchsnummer 314.

1872:	d. 17. Juli	12,8 g	
	d. 14. September	12,8 "	
1873:	d. 8. Januar	0,5 "	
Gesamtproduktion in 1872			26,1 g
1873:	d. 5. Juni	26,6 g	
	d. 14. Juli	15,0 "	
	d. 29. August	4,8 "	
1874:	d. 7. Januar	4,3 "	
Gesamtproduktion in 1873			50,7 g
1874:	d. 5. Juni	9,6 g	
	d. 15. Juli	6,7 "	
	d. 16. Oktober	2,7 "	
Gesamtproduktion in 1874			19,0 g
Summa der in drei Jahren erzeugten Trockensubstanz			95,8 g

Von der Versuchsnummer 315.

1872:	d. 17. Juli	15,0 g	
	d. 14. September	8,4 "	
1873:	d. 8. Januar	1,2 "	
Gesamtproduktion in 1872			24,6 g
1873:	d. 5. Juni	18,2 g	
	d. 14. Juli	18,2 "	
	d. 29. August	20,2 "	
1874:	d. 7. Januar	4,3 "	
Gesamtproduktion in 1873			60,9 g
1874:	d. 5. Juni	12,3 g	
	d. 15. Juli	7,3 "	
	d. 16. Oktober	3,5 "	
Gesamtproduktion in 1874			23,1 g
Summa der in drei Jahren erzeugten Trockensubstanz			108,6 g

Die Durchschnittsproduktion der beiden Pflanzen würde sich mithin stellen auf

im ersten Lebensjahre	25,35 g Trockensubstanz
„ zweiten „	55,80 „ „
„ dritten „	21,05 „ „
<hr/>	
in allen drei Jahren zusammen	102,02 g Trockensubstanz.

Um bequem ein Urteil über die Höhe dieses Ertrages zu gewinnen, rechnen wir wieder wie folgt:

Rohde (Landwirtschaftlicher Kalender von Mentzel und v. Lengerke) rechnet den gewöhnlichen Ertrag von einem Hektar Klee land zu 3916 bis 5874 kg. Das Jahr, in welchem der Klee vorzugsweise landwirtschaftlich genutzt wird, ist sein zweites Lebensjahr. Im Jahre 1873 lieferten unsere Versuchspflanzen in den drei Schnitten am 5. Juli, 14. Juli und 29. August zusammen

Versuchsnummer 314	46,4 g Trockensubstanz
„ 315	56,6 „ „
<hr/>	
d. i. im Mittel	51,5 g Trockensubstanz

und dies würde, wenn wir, wie oben, die Fläche eines Hektars gleich 650 000 Kulturgefäßen setzen, einem Ertrage von 33 475 kg pro Hektar entsprechen.

Diese Daten beweisen mit aller nur irgend wünschenswerten Bestimmtheit und Deutlichkeit, daß selbst der mehrjährige Klee in einer Bodenschicht von 15 cm Tiefe seine Lebensaufgabe zu lösen, vollkommen gesund zu bleiben und einen zufriedenstellenden Ertrag zu liefern vermag.

In den vorbeschriebenen Versuchen hatten wir pro Kulturgefäß je eine Lupine, eine Bohne, eine Kleepflanze, aber je zwei Buchweizen-, je drei Erbsen- und je sechs Gerstenpflanzen gebaut.

Die Erfolge unserer Kulturen bewiesen, daß die für die Gefäße gewählte Form und Größe zunächst nicht geeignet waren, um einer Lupine zu ihrer normalen und günstigen Entwicklung die erforderlichen Bedingungen zu bieten; sie lassen aber anderseits keinen Zweifel, daß für den Buchweizen, die Erbsen und noch mehr für die Gerste auch ein anscheinlich geringeres Bodenvolumen zur Produktion eines befriedigenden Pflanzenexemplars genügt hätte; und sie lassen es mindestens wahrscheinlich erscheinen, daß für den Klee und die

Bohne das Bodenvolumen noch etwas weiter hätte beschränkt werden können, ohne krankhafte Erscheinungen in der Vegetation derselben hervorzurufen.

Die äußerste Grenze, bis zu welcher man mit der Verkleinerung der Gefäße bei jeder einzelnen Pflanzenart ohne Schaden hätte gehen dürfen, durch weitere Versuche noch näher zu bestimmen, hatten wir keinen zwingenden Grund.

Der berechtigte Wunsch, bei jedem Ernährungsversuche eine für die chemische Analyse ausreichende Menge Troekensubstanz zu gewinnen, bewog uns, an einer Gefäßgröße, welche 4 kg Sand bequem zu fassen vermochte, unter allen Umständen festzuhalten, und dann genügten die vorstehenden Experimente jedenfalls, um uns die volle und schätzenswerte Beruhigung zu erteilen, daß in unseren übrigen Versuchen von der auch dort noch unvermeidlichen aber jedenfalls geringeren Einzwängung des Wurzelnetzes in einen kleinen Raum eine empfindliche Schädigung der normalen Vegetation und damit eine Trübung der Resultate nicht zu besorgen war.

Viertes Kapitel.

Verhalten der Wurzeln in hohen Kulturgefäßen.

Es war uns in dem vorhergehenden Kapitel gelungen nachzuweisen, daß die Mehrzahl der von uns geprüften Kulturpflanzen selbst in einem recht beschränkten Bodenvolumen noch gesund und normal zu vegetieren vermag und daß dieselben bei guter Ernährung auch in verhältnismäßig kleinen Gefäßen noch einen befriedigenden Ertrag bringen.

Die Frage, ob das Bodenvolumen dabei einen Einfluß auf die Höhe der erhaltenen Erträge geäußert habe, und ob dasselbe überhaupt fähig sei, einen solchen Einfluß auszuüben, war damit nicht erledigt.

Wir hatten zwar ausdrücklich betont, daß die Pflanzen, welche wir in den kleinen Gefäßen gezogen, nicht die Üppigkeit und Fülle erlangt hatten, die sie in dem Gartenboden im Freien erlangten, sondern in ihrer ganzen Entwicklung nur etwa solchen Exemplaren gleichkamen, die auf einem Feldboden geringerer Güte gewachsen waren, und wenn wir alles das in Berücksichtigung zogen, was wir bisher über den Gegenstand gesagt haben, so konnte uns kaum noch ein Zweifel übrig bleiben, daß der Grund für diese Verminderung des Ertrages einzig in den räumlich ungünstigen Verhältnissen zu suchen sei, unter denen hier das Wurzelwerk der Pflanzen sich zu entwickeln gezwungen war; einen vollgültigen Beweis aber für die Richtigkeit einer derartigen Behauptung lieferten die Kulturversuche in den kleinen Gefäßen allein noch nicht.

Diesen Beweis hofften wir durch vergleichende Beobachtungen des Pflanzenwachstums in Kulturgefäßen von verschiedener Höhe beschaffen zu können.

Wir benutzten hierbei dieselben Pflanzenarten wie im vorhergehenden Abschnitte; stellten das Experiment auch gleichzeitig und im Zusammenhange mit jenem an. Es wird deshalb auch erlaubt sein, die dort mitgeteilten Resultate gelegentlich zum Vergleiche wieder heranzuziehen.

Die hier zur Verwendung gekommenen größeren Kulturgefäße waren ebenfalls von weißem Glase, hatten genau zylindrische Form und einen lichten Durchmesser von 14 cm. Die Höhe derselben betrug:

I. Größe	96—99 cm
II. „	65—67 „
III. „	34—35 „

Als Bodenmaterial endlich glaubten wir auch hier den Gartenboden unserer Versuchsstation unbedenklich benutzen zu dürfen, weil wir guten Grund zu der Voraussetzung hatten, daß derselbe unseren Versuchspflanzen alle notwendigen Nährstoffe in günstigem Überschuße zu bieten vermöge.

Es wurde demgemäß zunächst eine genügende Menge dieser Erde ausgehoben, durch ein Sieb von 4 mm Maschenweite getrieben und dann im Glashause ausgebreitet längere Zeit liegen gelassen, um einen gleichmäßigen Grad der Trockenheit zu erlangen. Diese Zeit des langsamen Austrocknens wurde zugleich benutzt, um den Boden

durch oft wiederholtes Durch- und Übereinanderwerfen mit peinlicher Sorgfalt zu mischen. So vorbereitet wurde der Boden in die Gefäße gebracht.

Während des Einfüllens trug man Sorge, von Zeit zu Zeit eine Erdprobe in ein tariertes Kochfläschchen abzuwiegen und eine Feuchtigkeitsbestimmung davon auszuführen.

Vor dem Einbringen der Erde war nach gewohnter Weise auf den Grund der Gefäße eine Schicht etwa bohnengroßer Quarzstückchen gebracht, die zum Abschlufs mit einer dünnen Schicht Baumwolle bedeckt wurden.

Mit dem lufttrocknen Boden wurde zunächst ein Gefäß I. Größe bis zum Rande in der Art vollgefüllt, dafs man die Erde während des Einschüttens von Zeit zu Zeit gelinde andrückte. Das Gefäß fafste auf diese Weise 19 500 g lufttrocknen Boden und dies Gewicht wurde nun als Normalmafs für die übrigen Gefäße der Art angenommen, dafs man in

10 Gefäße (Nro. 1—10) der Größe I. je 19 500 g
10 " (" 1—10) " " II. " 13 000 "
10 " (" 1—10) " " III. " 6 500 "

lufttrocknen Boden einfüllte.

An diese Nummern rangieren sich die zu den Versuchen des vorigen Abschnitts benutzten flachen Gefäße von 18 cm Höhe, als Gefäße der Größe IV., welche, wie dort spezieller erwähnt ist, mit je 3250 g lufttrocknem Boden gefüllt worden waren.

Die Bodenmenge in den vier verschiedenen Gefäßgrößen verhielt sich demnach:

I.	: II.	: III.	: IV.	=
6	: 4	: 2	: 1	

Anfangs hatte man nur auf je zehn Versuchsnummern von jeder Gefäßgröße reflektiert; im Laufe der Arbeit aber wurde es wünschenswert, noch je zwei weitere Nummern hinzuzufügen. Leider aber hatten die noch zur Verfügung übrigen Glasgefäße wohl den gleichen Durchmesser der ersten zehn, nicht aber ganz die gleiche Höhe. Man mußte deshalb darauf verzichten, hier dieselbe Erdmenge wie oben zu geben und konnte nur in

2 Gefäße (Nro. 11 und 12) der Größe I. je 18 600 g
2 " (" 11 " 12) " " II. " 12 400 "
2 " (" 11 " 12) " " III. " 6 200 "
2 " (" 11 " 12) " " IV. " 3 100 "

lufttrocknen Boden einbringen.

Wie schon erwähnt, waren während des Einfüllens nach und nach sechs Bodenproben zur Bestimmung des Wassergehaltes weggenommen worden. Die von denselben erhaltenen Resultate differierten unter sich sehr wenig und ergaben im Mittel den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens zu 4,61 Prozent.

Hieraus berechnet sich, daß die Gefäße an vollständig trockenem Boden enthielten:

	Größe	I.	Nro. 1—10	je	18 600	g
	„	II.	„ 1—10	„	12 400	„
	„	III.	„ 1—10	„	6 200	„
	„	IV.	„ 1—10	„	3 100	„
und						
	Größe	I.	Nro. 11 und 12	je	18 030	g
	„	II.	„ 11 „ 12	„	12 020	„
	„	III.	„ 11 „ 12	„	6 010	„
	„	IV.	„ 11 „ 12	„	3 005	„

Während der Vegetationszeit der Pflanzen sollte die Bodenfeuchtigkeit stets zwischen 60 und 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens erhalten werden. Da nun auf gewöhnliche Weise ermittelt (im Trichter, auf nass gewogenem Filter) die wasserfassende Kraft des Gartenbodens 42 Proz. betrug, so mußten die Gefäße während der Vegetationszeit Wasser enthalten:

				im Maximo	—	im Minimo
	Größe	I.	Nro. 1—10	4687	—	2344 g
	„	II.	„ 1—10	3124	—	1562 „
	„	III.	„ 1—10	1562	—	781 „
	„	IV.	„ 1—10	781	—	391 „
und						
	Größe	I.	Nro. 11 und 12	4544	—	2272 g
	„	II.	„ 11 „ 12	3029	—	1515 „
	„	III.	„ 11 „ 12	1515	—	757 „
	„	IV.	„ 11 „ 12	757	—	379 „

Nach erfolgter Beschickung mit lufttrocknem Boden wurde den Gefäßen das hier berechnete Wassermaximum unter Berücksichtigung der noch in der Erde vorhandenen 4,61 Proz. hygroskopischer Feuchtigkeit zugeführt und dann, nachdem sich das Wasser gleichmäßig verteilt und der Boden sich etwas gesetzt hatte, der Same eingebracht.

Es sei bei dieser Gelegenheit ausdrücklich erwähnt, daß sich der mächtig locker eingefüllte Boden besonders in den Gefäßen erster und zweiter Größe nicht nur nach dem ersten Begießen, sondern auch

noch mehrere Wochen weiter in starkem Grade setzte. Erst nach längerer Zeit hörte dies Zusammenziehen auf und wurde das Volumen des Bodens ein konstantes.

Als der stationäre Zustand erreicht war, hatten die Bodenzylinder, d. h. die wirkliche Bodenschicht nach Abzug der untergebrachten Steinlage bei 14 cm Durchmesser eine Höhe von

Größe	I.	Nro. 1—10 . . .	93	cm,	Nro. 11 und 12 . . .	90	cm
"	II.	" 1—10 . . .	62	"	" 11 " 12 . . .	60	"
"	III.	" 1—10 . . .	31	"	" 11 " 12 . . .	30	"
"	IV.	" 1—10 . . .	15 $\frac{1}{2}$	"	" 11 " 12 . . .	15	"

In allen vier Gefäßgrößen gleich wurden angesät:

		Laufende Versuchsnummern	
In Nro.	1 und 2.	gelbe Lupinen	312—313 und 340—345.
" "	3 "	4. Pferdebohnen	308—309 " 328—333.
" "	5 "	6. Erbsen	306—307 " 322—327.
" "	7 "	8. Buchweizen	310—311 " 334—339.
" "	9 "	10. kleine Gerste (H. vulg.)	304—305 " 316—321.
" "	11 "	12. Rotklee	314—315 " 346—351.

Von Lupinen waren zur Saat ausgesucht worden annähernd gleich große Samen zwischen 0,142 und 0,158 g Gewicht. 74 Stück davon wogen in Summa 11,136 g, d. i. ein Same im Durchschnitt 0,150 g. Dieselben wurden am 19. April mit destilliertem Wasser eingequell und nachdem sie das Würzelchen entwickelt hatten, am 21. April in den Boden gebracht.

Von Pferdebohnen wurden Samen von 0,600 bis 0,720 g Schwere ausgesucht. 31 Stück wogen 20,777 g, d. i. durchschnittlich à Stück 0,670 g.

Eingequell am 27. April.

Ausgelegt am 30. April.

Von Erbsen: Samen zwischen 0,150 und 0,170 g. 67 Stück wogen 10,406 g, d. i. im Durchschnitt à Stück 0,155 g.

Eingequell am 25. April.

Ausgelegt am 27. April.

Von Buchweizen ausgesucht: Samen zwischen 0,016 und 0,018 g. 200 Stück davon wogen 3,330 g, d. i. ein Same im Durchschnitt 0,017 g.

Eingequell am 4. Mai.

Die Samen keimten sehr schlecht, so daß sie erst am 11. Mai ins Land gebracht werden konnten.

Von Gerste: Samen zwischen 0,034 und 0,040 g. 187 Stück davon wogen 6,845 g, also ein Same im Durchschnitt 0,037 g.

Eingequellt am 17. Mai.

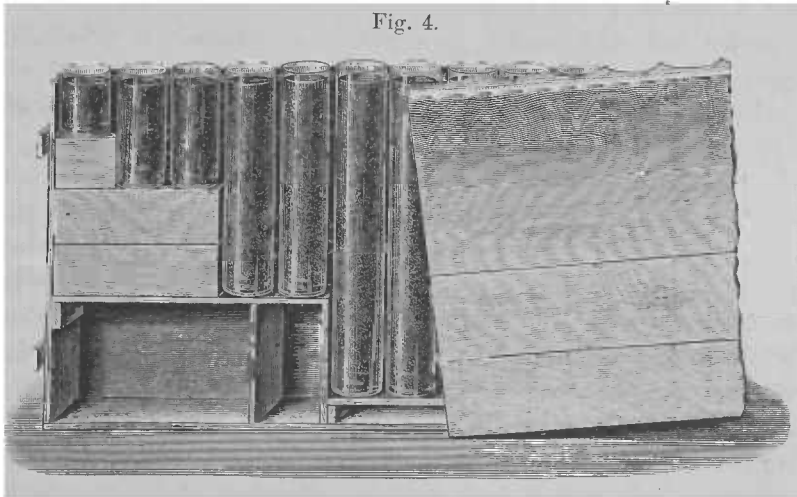
Angesäet am 20. Mai.

Von dem Klee wurden wegen der Kleinheit der Körner gleich eine gröfsere Anzahl Samen, ohne vorher gewogen und angekeimt zu sein, am 25. April in die Töpfe gesäet.

Von sämtlichen Samen legte man einige mehr aus, als später Pflanzen zu voller Entwicklung stehen bleiben sollten, liefs dieselben aufgehen und schnitt dann die am wenigsten gut ausgebildeten als überflüssig fort. Pro Kulturgefäfs wurden

	Samen ausgelegt	Pflanzen bis zur vollen Entwicklung stehen gelassen
Lupinen	2	1
Pferdebohnen	2	1
Erbsen	6	3
Buchweizen	4	2
Gerste	10	6
Klee	—	1

Nach der Ansaat fanden die Gefäfs auf dem Vegetationswagen ihre Aufstellung und wurden dort in starke hölzerne Kästen (Fig. 4)



gesetzt, deren Deckel mit kreisrunden, dem äufseren Durchmesser der Kulturgefäfs entsprechenden Ausschnitten versehen war. Alle Kästen

waren 1 m hoch und verstellbare Brettunterlagen in denselben ermöglichten es, die sämtlichen Gefäße von ungleicher Höhe so zu lozieren, daß sie mit ihrem oberen Rande gerade aus den Deckelöffnungen herausragten. Eine bewegliche Seitenwand der Kästen erlaubte jederzeit, die Entwicklung der Wurzeln bequem zu beobachten und ließ es zu, die Gefäße behufs des Wägens und Begießens leicht aus den Kästen heraus und in dieselben zurückzubringen. Durch diese Kästen erreichten wir den zweifachen Vorteil, daß die Bodenoberfläche aller Gefäße in eine Ebene zu liegen kam und daß die Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen auf die Wurzeln vollständig ausgeschlossen war. Mit Hilfe des Wagens wurden die Gefäße während der Vegetationszeit bei irgend gutem Wetter ins Freie transportiert. Nur bei Regen und starkem Sturme fanden sie im Glashause Schutz.

Die erste Entwicklung der jungen Pflanzen verlief bei allen Arten, mit Ausnahme des Buchweizens, ganz befriedigend. Von letzterem quälten sich einzelne Individuen sichtlich — besonders in den Gefäßen von Größe I. — beim Aufgehen und kamen mit gelben oder verkrüppelten Kotyledonen an. (Diese verkümmerten Exemplare wurden beiläufig sofort entfernt und durch Nachsäen ersetzt.)

Sehr bald aber war an allen Pflanzenarten zu bemerken, daß sich dieselben in den Gefäßen verschiedener Größe ungleich wohl befanden und zwar standen sie in Größe IV. normal, in Größe III. üppig und von allen am besten, in den Gefäßen von Größe II. befriedigend, aber schlechter als in III., und in Größe I. von allen am schlechtesten.

Der Grund für diese Erscheinung lag unverkennbar in der verschiedenen physikalischen Beschaffenheit, welche der Boden in den verschiedenen Gefäßgrößen nach dem ersten Begießen angenommen hatte. Da der Boden lufttrocken eingefüllt worden war, so erhielten die Gefäße erster Größe zu Anfang auf einmal mehr als vier Liter Wasser. Obgleich man nun hierbei die Vorsicht gebrauchte, dies Wasser nicht ohne Weiteres auf die Oberfläche zu plantschen, sondern dasselbe überall mit Hilfe zweier (mit ihrer Ausflußöffnung etwa ein Decimeter tief in den Boden eingedrückt) Trichter allmählich aufsaugen ließ, war es doch nicht zu verhindern, daß schon in den Gefäßen zweiter Größe, ganz besonders aber in denen erster Größe sich das Wasser noch langsamer in dem ganzen Bodenzylinder ver-

teilte, als es zufloß, daß in Folge dessen die oberste Bodenschicht sich zunächst bis zu 100 Proz. ihrer wasserfassenden Kraft mit Feuchtigkeit sättigte, sich sehr stark — und stärker als in den niedrigen Gefäßen, in denen eine gleichmäßige Wasserverteilung rasch erfolgte — zusammenzog, sehr fest setzte und nun dem Hervordringen der Kotedonen einerseits und der Entwicklung der jungen Wurzel andererseits einen unangenehmen Widerstand entgegensetzte.

In den Gefäßen zweiter Größe wurde diese Störung nach einiger Zeit wenigstens scheinbar überwunden; in denen erster Größe verschwand die wenig günstige physikalische Beschaffenheit nicht nur der Bodenoberfläche, sondern der ganzen oberen Bodenregion bis zu erheblicher Tiefe, im Verlaufe der Vegetationszeit der Sommergewächse nie wieder und machte ihren schädlichen Einfluß zu allen Zeiten bitter bemerklich. Nur der mehrjährige Klee besiegte dieses Hindernis allmählich vollständig und liefs in der Vegetation des zweiten und dritten Jahres nichts mehr von den bemerkten Nachteilen spüren.

Die Wurzeln der Pflanzen erreichten einzeln schon in einem frühen Alter der letzteren den Boden sämtlicher Gefäße und erfüllten nach und nach selbst die untersten Schichten des Bodenzylinders in den Gefäßen erster Größe mit einem regelmäßigen Geflechte. In den Gefäßen vierter Größe war dieses Geflecht, wie schon im vorigen Abschnitte beschrieben wurde, außerordentlich dicht; in denen dritter Größe war dies kaum weniger der Fall; in den Gefäßen zweiter und noch mehr in denen erster Größe erschien das Gewebe locker und lückenhaft. Ein bedeutender Unterschied zwischen den verschiedenen Pflanzenarten war in dieser Richtung nicht zu bemerken. Die Wurzeln der Gerste und des Buchweizens waren eben so tief gegangen und bildeten auch in den tiefsten Bodenschichten ein ebenso dichtes Netz, wie die der Pferdebohnen und Lupinen.

In ihren oberirdischen Teilen zeigten die Pflanzen nirgends eine krankhafte Erscheinung, aber die Lupinen liefsen stets und zwar in allen vier Gefäßgrößen gleichmäßig die wünschenswerte Energie im Wachstume vermissen. Die mehr gelblich- als saftgrüne Färbung des Laubes und ein gewisses mattes Etwas in dem ganzen Habitus der Pflanzen sprachen es allezeit deutlich genug aus, daß dieselben sich unter den gewährten Versuchsbedingungen nicht behaglich fühlten.

Bei dem Klee wurden bald auffällige Verschiedenheiten in dem

Baue der einzelnen Pflanzen bemerkbar, die sich nur durch die große Neigung dieser Kulturspezies zum Variieren erklären ließen. Besonders waren es die beiden Pflanzen: laufende Versuchsnummer 350, in Gefäßgröße I. und Nro. 314, in Gefäßgröße IV., welche sich durch Blattgröße und saftigeren, krautartigeren Wuchs und zwar ihr ganzes Leben hindurch so von den anderen unterschieden, daß man sich hätte versucht fühlen können, sie als eine besondere Varietät anzusehen, obwohl sie alle Artzeichen des *Trifolium pratense* mit ganzer Entschiedenheit an sich trugen. Beide Exemplare trieben auch ihre Stengel langsamer aus und blühten etwas später als die übrigen.

Am 17. Juli standen sämtliche Kleepflanzen in der Blüte und es wurde an diesem Tage der erste Schnitt genommen.

Beim Schneiden verfuhr man derart, daß man alle Stengel und ausgebildeten resp. abgestorbenen Blätter möglichst nahe über ihrer Basis wegschnitt, alle jungen Blatt- und Stengelanlagen aber unverehrt stehen ließ. Diese Manipulation wurde später so oft wiederholt, als wieder entwickelte Stengel mit ausgebildeten Blütenköpfen vorhanden waren. Um den Wurzelkopf bildete sich so nach und nach eine große Rosette von vertrockneten Stengel- und Blattstielstumpfen, zwischen denen der neue Blatt- und Stengelnachwuchs leicht heraustrieb.

Am 14. September 1872 standen die Pflanzen zum zweiten Male in Blüte und wurden zum zweiten Male geschnitten mit Ausnahme der in einem Gefäße erster Größe stehenden Versuchsnummer 350. Diese Pflanze hatte wohl einen großen Busch Blätter, aber noch keine vollständig entwickelte Stengel und keine Blüten getrieben.

Als die Temperatur im November unter den Gefrierpunkt sank, wurden die Gefäße in ihr Winterquartier, d. h. in ein ungeheiztes und ziemlich frostfreies Zimmer gebracht, und hier überstanden sie den Winter ausnahmslos gut. Zwar entwickelte sich auf allen Pflanzen der Mehltau in ziemlich hohem Grade, brachte aber keinen wahrnehmbaren Schaden, und das Frühjahr 1873 wurde von sämtlichen Exemplaren unseres Rotklee in frischer freudiger Vegetation begonnen.

Erst am 8. Januar 1873 wurde die oben erwähnte Pflanze Nro. 350, die bis dahin noch langsam einige Blütenköpfe zu Tage gefördert hatte, zum zweiten Male geschnitten, und diese Gelegenheit benutzte man, um an diesem Tage gleichzeitig auch von den übrigen Nummern

die seit dem September noch nachgetriebenen Stengel, besonders aber auch die mit Mehltau besetzten Blätter abzuernsten.

Im Jahre 1873 konnten sämtliche Pflanzen drei Mal in der Blüte geschnitten werden und zwar geschah dies am 5. Juni, 14. Juli und 29. August.

Der erste Schnitt war bei Weitem der beste, der zweite mäfsig, der dritte nur ärmlich.

Im November wanderten die Pflanzen zum zweiten Male ins Winterquartier, und wiederum wurden und zwar am 7. Januar 1874, um auch die Produktion des zweiten Vegetationszyklus glatt zu bestimmen, die im Spätherbst noch nachgetriebenen Blätter und Stengelchen abgeerntet.

Noch lebten am Ende des zweiten Jahres alle Pflanzen, jedoch war in der Frische und Lebenskraft der ausschlagfähigen Stammbasis ein grofser Unterschied zu bemerken. So trieb die Pflanze erster Gröfse Nro. 350, aus der oben erwähnten Rosette vertrockneter Stengelstumpfe noch allseitig eine grofse Menge frischer, grüner Sprossen, während bei den beiden Pflanzen zweiter Gröfse Nro. 348 und 349 diese Krone fast ganz abgestorben war und sich nur noch an wenigen Stellen reproduktionsfähig erwies. Ähnlich, wenn auch in schwächerem Grade, zeigte sich die letztere Erscheinung auch an der Nro. 347 dritter Gröfse.

Warum dieses Absterben der Stengelbasis, dessen Anfänge schon Mitte Juli 1873 zu bemerken waren, gerade bei den beiden Pflanzen zweiter Gröfse früher auftrat, als bei allen anderen, dafür haben wir nicht die geringste Erklärung. Beide Nummern brachten ihr Leben nicht weit über den zweiten Winter hinaus, trieben noch ein oder zwei verkümmerte Stengelchen und einige arme Blätter und gingen dann vollständig zu Grunde.

Die übrigen Pflanzen vegetierten noch normal das dritte ganze Lebensjahr hindurch, gaben währenddem noch drei Schnitte, die allerdings bedeutend weniger Masse ausgaben, als die des Vorjahres, und starben erst Mitte Oktober 1874 allmählich und alle ziemlich gleichzeitig ab.

(Es wird notwendig sein, hier beiläufig zu erwähnen, daß die Hälfte der Kleepflanzen und zwar die Nummern 315, 347, 349 und 351, im Jahre 1873 drei Mal eine Düngung erhielten. Da von derselben ein sichtlicher Erfolg nie und nirgend zu konstatieren war, so

wird es erlaubt sein, sie hier zu vernachlässigen. Über den Zweck des Experiments werden eine kurze Strecke weiter unten spezielle Angaben folgen.)

Im Allgemeinen sei schliesslich noch bemerkt, dass sich das Wachstum der oberirdischen Teile nicht blofs beim Klee, sondern auch bei allen übrigen Pflanzenarten, sehr bald in eine Stufenreihe ordnete, die der Gefäfsgröfse entsprach. Schon etwa drei Wochen nach dem Aufgehen blieben die Pflanzen in den Gefäfsen vierter Gröfse sichtlich hinter den übrigen zurück und wenige Zeit später zeigten auch die Pflanzen dritter Gröfse, dass ihnen ein Hemmnis nicht erlaubte, mit den in den Gefäfsen zweiter Gröfse wachsenden gleichen Schritt zu halten.

Reif geerntet lieferten die Pflanzen einen Ertrag an Trockensubstanz:

Lauf- Ver- suchs- Nr.	Tag der Ernte	Gefäfs- Gröfse	Ernte an Trocken- substanz				Relatives Verhältnis, Sa. der Ernte = 100 gesetzt		
			Körner g	Spreu g	Stroh g	Sa. g	Körner : Spreu : Stroh		
a. die Gerste:									
304.	29. Juli	IV.	9,38	1,70	9,15	20,23	46,4	8,4	45,2
305.	29. „	IV.	8,66	1,56	8,11	18,33	47,2	8,5	44,3
	im Mittel	IV.	9,02	1,63	8,63	19,28			
316.	29. Juli	III.	16,40	3,17	15,01	34,58	47,4	9,1	43,5
317.	29. „	III.	16,50	3,05	14,94	34,49	47,8	8,9	43,3
	im Mittel	III.	16,45	3,11	14,98	34,54			
318.	8. August	II.	27,83	5,36	23,91	57,10	48,7	9,4	41,9
319.	12. „	II.	29,77	5,53	25,50	60,80	49,0	9,1	41,9
	im Mittel	II.	28,80	5,45	24,70	58,95			
320.	24. August	I.	21,72	4,61	18,67	45,00	48,3	10,2	41,5
321.	28. „	I.	22,55	4,02	16,47	43,04	52,4	9,3	38,3
	im Mittel	I.	22,14	4,31	17,57	44,02			
b. die Erbsen:									
306.	15. Juli	IV.	13,96	3,01	13,07	30,04	46,4	10,1	43,5
307.	24. „	IV.	14,01	2,93	12,95	29,89	46,9	9,8	43,3
	im Mittel	IV.	13,99	2,97	13,01	29,97			
322.	15. Juli	III.	20,12	4,23	24,16	48,51	41,5	8,7	49,8
323.	24. „	III.	19,94	4,40	23,02	47,36	42,1	9,3	48,6
	im Mittel	III.	20,03	4,32	23,59	47,94			
324.	15. Juli	II.	27,20	6,05	33,89	67,14	40,5	9,0	50,5
325.	24. „	II.	26,09	5,44	34,78	66,31	39,4	8,2	52,4
	im Mittel	II.	26,65	5,74	34,34	66,73			

Lauf- Ver- suchs- Nr.	Tag der Ernte	Gefäß- Größe	Ernte an Trocken- substanz				Relatives Verhältnis, Sa. der Ernte = 100 gesetzt		
			Körner g	Spreu g	Stroh g	Sa. g	Körner : Spreu : Stroh		
326.	15. Juli	I.	28,04	5,92	47,44	81,40	34,4	7,3	58,3
327.	24. „	I.	26,15	4,24	52,91	83,30	31,8	5,1	63,1
	im Mittel	I.	27,10	5,08	50,17	82,35			

c. die Pferdebohnen:

308.	15. Juli	IV.	16,94	5,30	8,50	30,74	55,1	17,2	27,7
309.	27. „	IV.	16,68	5,18	8,07	29,93	55,7	17,3	27,0
	im Mittel	IV.	16,81	5,24	8,29	30,34			
328.	15. Juli	III.	20,32	9,65	17,15	47,12	43,1	20,5	36,4
329.	3. August	III.	32,64	10,02	17,41	60,07	54,3	16,7	29,0
	im Mittel	III.	26,48	9,84	17,28	53,60			
330.	15. Juli	II.	22,87	9,34	23,49	55,70	41,1	16,7	42,2
331.	3. August	II.	39,94	8,82	24,38	73,14	54,6	12,1	33,3
	im Mittel	II.	31,41	9,08	23,93	64,42			
332.	15. Juli	I.	18,13	5,17	15,94	39,24	46,2	13,2	40,6
333.	3. August	I.	22,53	5,02	23,36	50,91	44,2	9,9	45,9
	im Mittel	I.	20,33	5,10	19,65	45,08			

d. der Buchweizen:

310.	26. Juli	IV.	8,37	11,86	20,23	41,4	58,6		
311.	26. August	IV.	9,01	16,05	25,06	35,9	64,1		
	im Mittel	IV.	8,69	13,96	22,65				
334.	26. Juli	III.	14,51	18,67	33,18	43,7	56,3		
335.	26. August	III.	16,26	22,68	38,94	41,7	58,3		
	im Mittel	III.	15,39	20,67	36,06				
336.	15. August	II.	18,20	33,10	51,30	35,5	64,5		
337.	26. „	II.	9,14 *)	33,82	42,96	21,3	78,7		
	im Mittel	II.	13,67 *)	33,46	47,13				
338.	20. September	I.	26,88	46,85	73,73	39,3	60,7		
339.	14. „	I.	38,81	59,95	98,76	36,4	63,6		
	im Mittel	I.	32,85	53,40	86,25				

e. die Lupine:

312.	29. Juli	IV.	3,00	2,92	6,08	12,00	25,0	24,3	50,7
313.	26. August	IV.	3,45	3,41	8,38	15,24	22,6	22,4	55,0
	im Mittel	IV.	3,23	3,16	7,23	13,62			

*) Die eine der beiden Buchweizenpflanzen in Nro. 337 blieb ganz ohne Körneransatz.

Lauf- Ver- suchs- Nr.	Tag der Ernte	Gefäfs- Gröfse	Ernte an Trocken- substanz				Relatives Verhältnis, Sa. der Ernte = 100 gesetzt		
			Körner	Spreu	Stroh	Sa.	Körner : Spreu : Stroh		
			g	g	g	g			
340.	29. Juli	III.	7,62	7,46	15,43	30,51	25,0	24,5	50,5
341.	14. August	III.	8,75	8,19	17,06	34,00	25,7	24,1	50,2
im Mittel III.			8,19	7,82	16,25	32,26			
342.	29. Juli	II.	4,53	6,00	15,91	26,44	17,1	22,7	60,2
343.	12. August	II.	3,68	5,40	18,57	27,65	13,3	19,5	67,2
im Mittel II.			4,11	5,70	17,24	27,05			
344.	29. Juli	I.	8,62	9,33	20,33	33,28	22,5	24,4	53,1
345.	12. August	I.	8,08	10,25	20,70	39,03	20,7	26,3	53,0
im Mittel I.			8,35	9,79	20,52	38,66			

f. der Klee lieferte an Trockensubstanz:

im Jahre	Datum der Schnitte	vom Versuche		im Durchschnitt der beiden Pflanzen
		Nro. 314.	Nro. 315.	
Gefäfsse IV. Gröfse:		g	g	g
1872	17. Juli	12,8	15,0	
	14. September	12,8	8,4	
	8. Januar	0,5	1,2	
1872	in Summa	26,1	24,6	25,35
1873	5. Juni	26,6	18,2	
	14. Juli	15,0	18,2	
	29. August	4,8	20,2	
	7. Januar	4,3	4,3	
1873	in Summa	50,7	60,9	55,80
1874	5. Juni	9,5	12,3	
	15. Juli	6,7	7,3	
	16. Oktober	2,7	3,5	
1874	in Summa	18,9	23,1	21,00
in allen drei Jahren zusammen		95,7	108,6	102,15

im Jahre	Datum der Schnitte	vom Versuche		im Durchschnitt der beiden Pflanzen
		Nro. 346.	Nro. 347.	
Gefäße III. Gröfse:		g	g	g
1872	17. Juli	26,2	14,3	
	14. September	0,9	14,3	
	8. Januar	22,7	2,5	
1872	in Summa	49,8	31,1	40,45
1873	5. Juni	69,8	50,8	
	14. Juli	39,7	32,0	
	29. August	5,4	16,6	
1874	8. Januar	8,3	4,6	
1873	in Summa	123,2	104,0	113,60
1874	5. Juni	29,5	29,7	
	15. Juli	22,5	18,6	
	16. Oktober	4,9	7,6	
1874	in Summa	56,9	55,9	56,40
in allen drei Jahren zusammen		229,9	191,0	210,45

Gefäße II. Gröfse:		Nro. 348.	Nro. 349.	
1872	17. Juli	30,0	21,0	
	14. September	25,8	21,2	
1873	8. Januar	10,2	5,2	
1872	in Summa	66,0	47,4	56,70
1873	5. Juni	111,5	98,4	
	14. Juli	69,0	42,2	
	29. August	5,6	11,4	
1874	7. Januar	2,5	5,6	
1873	in Summa	188,6	157,6	173,10
1874	5. Juni	7,8	5,2	6,50
in allen drei Jahren zusammen		262,4	210,2	236,30

Gefäße I. Gröfse:		Nro. 350.	Nro. 351.	
1872	17. Juli	26,2	25,0	
	14. September	—	17,4	
1873	8. Januar	52,5	11,0	
1872	in Summa	78,7	53,4	66,05
1873	5. Juni	168,2	157,0	
	14. Juli	80,0	66,3	
	29. August	75,3	18,5	
1874	7. Januar	15,0	11,7	
1873	in Summa	338,5	253,5	296,00
1874	5. Juni	60,3	62,2	
	15. Juli	47,4	45,5	
	16. Oktober	16,7	13,2	
1874	in Summa	124,4	120,9	122,65
in allen drei Jahren zusammen		541,6	427,8	484,70

Man sieht sofort, dafs sich der schon oben berührte Fehler, den wir beim Anstellen der Versuche durch zu loses Einfüllen des Bodens in die Gefäfse gemacht hatten, noch in den Ernteerträgen bitter rächte.

Die Störungen, welche die Wurzelentwicklung der Versuchspflanzen durch die allmähliche starke Zusammenziehung des Bodens in ihrer Jugendzeit erfahren hatten, hatten offenbar bewirkt, dafs die einjährigen Pflanzenarten die in der ersten und zweiten Gefäfsgröfse gebotenen Bodenvolumina während ihrer späteren Vegetation überhaupt nicht mehr auszunutzen vermochten.

Wir hatten, wie oben gesagt, schon im Verlaufe des Wachstums durch die Glaswand der Gefäfse hindurch bemerkt, dafs das Wurzelnetz in den Gefäfsen zweiter, und noch viel mehr in denen erster Gröfse loser resp. lückenhafter war, als in den Gefäfsen dritter und vierter Gröfse. Noch viel deutlicher aber konnten wir uns hiervon nach der Ernte überzeugen.

Wir geben nachstehend das photographische Abbild von vier reif gewordenen Erbsenpflanzen nebst ihrem aus den Boden ausgewaschenen Wurzelnetze (Fig. 5) und von vier reifen Buchweizenpflanzen desgleichen (Fig. 6) und glauben, dafs diese Bilder die Verhältnisse klarer darlegen werden, als jede Beschreibung in Worten.

Müssen wir auf Grund dieser Erörterungen aufser den Versuchen mit Lupinen, welche, wie oben bemerkt, in ihrer ganzen Vegetation nicht befriedigten, auch noch die in den hohen Gefäfsen gezogenen Nummern unserer einjährigen Pflanzenarten als mißlungen aufser Betracht lassen, so bleiben uns für die Frage, die wir behandeln wollten, allerdings nur der Klee und die in den Gefäfsen dritter und vierter Gröfse gewachsenen Gersten-, Erbsen-, Bohnen- und Buchweizenpflanzen als brauchbare Unterlage für eine Schlufsfolgerung übrig.

Aber auch so noch vermögen die Versuche nach unserer Meinung einen gültigen Beweis zu liefern, dafs das Bodenvolumen unter Umständen, wie sie in der Sandkultur häufig genug vorkommen, einen entscheidenden Einflufs auf die Vegetation der Versuchspflanzen und auf die Produktion von Trockensubstanz ausüben kann, ja wir glauben, dafs dieselben hinreichende Andeutungen für die Richtigkeit der Behauptung enthalten, dafs unter diesen Umständen die Höhe des Ertrages in umgekehrtem Verhältnisse zu der Summe der mecha-

Fig. 5.

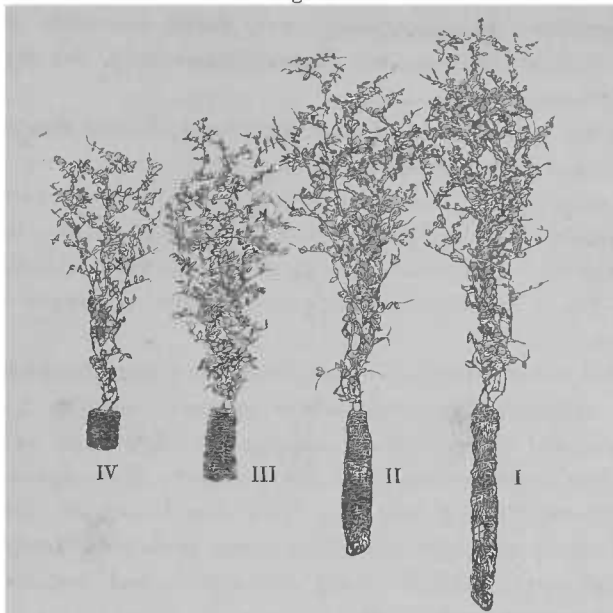
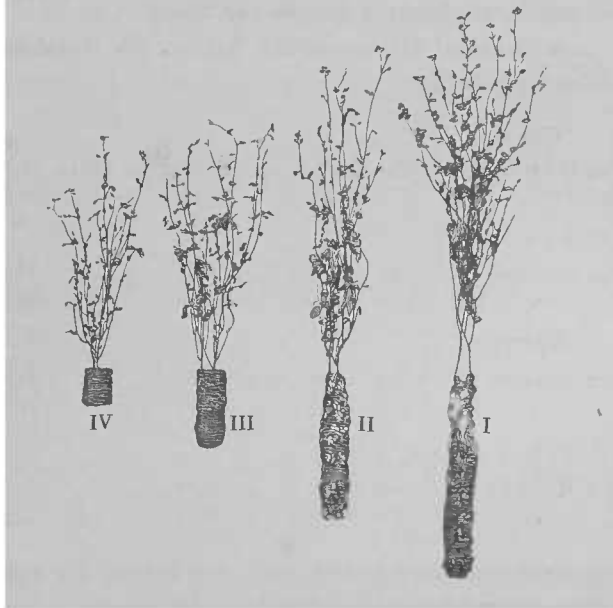


Fig. 6.



nischen Widerstände, welche der Entwicklung des Wurzelnetzes der Versuchspflanzen entgegentreten, und damit in einem annähernd geraden Verhältnisse zu dem Bodenvolumen resp. der Größe und Form der Kulturgefäße steht.

Ehe wir versuchen, dies näher zu zeigen, haben wir noch einen naheliegenden Einwand zu beseitigen.

Die ungleichen Bodenmengen, welche bei unseren Versuchen in den Gefäßen verschiedener Größe enthalten waren, boten den Pflanzen nicht nur verschiedenen Raum zur Entfaltung ihres Wurzelnetzes, sondern brachten natürlich auch ungleiche Mengen von Nährstoffen mit.

In der entscheidenden Versuchsbedingung war also nicht nur ein einziger wichtiger Wachstumsfaktor variiert, sondern gleichzeitig deren zwei, und es erwächst uns daraus die Pflicht, erst zu beweisen, daß in dem vorliegenden Falle die geringere Massenproduktion in den kleineren Gefäßen sicher nicht in dem Umstande ihren Grund haben konnte, daß hier die Pflanzen die geringere Menge der für sie verfügbaren Nährstoffe zeitig erschöpften und deshalb bald in ihrem Wachstum nachließen.

Nun, dafür, daß das Letztere nicht der Fall war, haben wir einen indirekten und einen direkten Beweis zur Hand.

Die verschiedenen Pflanzenarten hatten als Gesamtertrag an Trockensubstanz geliefert:

Gerste				
in den Gefäßen IV. Größe	20,23 g	und	18,33 g,	im Mittel 19,28 g
„ „ „ III. „	34,58 „	„	34,49 „	„ 34,54 „
Buchweizen				
in den Gefäßen IV. Größe	20,23 „	„	25,06 „	„ 22,65 „
„ „ „ III. „	33,18 „	„	38,94 „	„ 36,06 „
Erbsen				
in den Gefäßen IV. Größe	30,04 „	„	29,89 „	„ 29,97 „
„ „ „ III. „	48,51 „	„	47,36 „	„ 47,94 „
Pferdeböhen				
in den Gefäßen IV. Größe	30,74 „	„	29,93 „	„ 30,34 „
„ „ „ III. „	47,12 „	„	60,07 „	„ 53,60 „

Wenn man annehmen wollte, daß der Ertrag der Pflanzen hier von der Menge der im Boden vorhandenen Nährstoffe bedingt worden

sei, so hätte man absolut keine Erklärung für die Thatsache, daß in der gleichen Bodenmenge von den anspruchsvollen Erbsen und Bohnen ausnahmslos zirka 50 Proz. mehr Trockensubstanz produziert wurde, als von der bescheidenen Gerste und dem Buchweizen.

Noch deutlicher sprechen, wie uns scheint, die mit dem Rotklee erhaltenen Zahlen; dieser ergab an trockener Erntemasse:

1872			
in den Gefäßen	IV. Gröfse	26,1 g und 24,6 g,	im Mittel 25,35 g
" "	III. "	49,8 " " 31,1 " "	" 40,45 "
1873			
in den Gefäßen	IV. Gröfse	50,7 " " 60,9 " "	" 55,80 "
" "	III. "	123,2 " " 104,0 " "	" 113,60 "
1874			
in den Gefäßen	IV. Gröfse	18,9 " " 23,1 " "	" 21,00 "
" "	III. "	56,9 " " 55,9 " "	" 55,40 "

Der Klee hatte mithin in seinem ersten Lebensjahre ungefähr ebensoviel Trockensubstanz produziert, wie die übrigen Pflanzenarten. Dies hinderte aber nicht, daß derselbe im zweiten Jahre auf demselben Boden eine zweite, und zwar eine zwei resp. drei Mal so große Ernte erzeugte, und selbst in seinem dritten Lebensjahre noch einmal einen Ertrag zu Stande brachte, der dem des ersten Jahres an Gewicht gleichkam.

Wenn man nun nicht annehmen will, daß die zur Erzeugung der Ernten des zweiten und dritten Jahres erforderlichen Nährstoffe sämtlich erst während der Vegetationszeit, resp. der Winterruhe der Pflanzen aus dem Boden löslich geworden seien, so wird man annehmen müssen, daß der Boden von Haus aus einen ansehnlich größeren Vorrat von Nährstoffen enthielt, als die im Jahre 1872 gewachsene Pflanzenmasse in irgend einem Falle wiedergab und daß mithin in unseren Versuchen die Erntehöhe nirgends durch einen Nährstoffmangel bedingt oder begrenzt war.

Wir haben uns hier absichtlich und mit gutem Grunde nicht auf die chemische Analyse des Bodens bezogen, weil wir nach unserer Überzeugung bis heute noch nicht im Stande sind, aus einer solchen die Ertragsfähigkeit eines Bodens abzuleiten. Aber wir vermögen statt dessen einige analytische Daten anzuführen, die sich auf die Aschenbestandteile der in den ersten beiden Versuchsjahren erhaltenen Kleearten beziehen, und es dürfte wohl kaum etwas geeigneter

sein, den Nährstoffreichtum unseres Gartenbodens nachzuweisen, als diese Zahlen. Man fand nämlich:

Jahr	Datum der Ernte	Geerntete		Sand, Kohle, Kieselsäure	Rein- asche	Reinasche, Proz. der Trocken- substanz
		Trocken- substanz	Darin Rohasche			
		g	g	g	g	
a. Versuchsnummer 314, Gefäßgröße IV.						
1872	d. 17./7.	12,8	1,132	0,012	1,120	8,75
	d. 14./9.	12,8	1,337	0,142	1,195	9,34
1873	d. 8./1.	0,5	0,108	0,011	0,097	19,40
	d. 5./6.	26,6	1,933	0,220	1,713	6,44
	d. 14./7.	15,0	1,397	0,077	1,320	8,80
	d. 29./8.	4,8	0,761	0,088	0,653	13,60
1874	d. 7./1.	4,3	0,488	0,096	0,392	9,12
Sa. resp. Durchschnitt 76,8 g					6,490 g	8,45 Proz.
b. Versuchsnummer 346, Gefäßgröße III.						
1872	d. 17./7.	26,2	2,248	0,097	2,151	8,21
	d. 14./9.	0,9	0,224	0,037	0,187	20,78
1873	d. 8./1.	22,7	2,227	0,245	1,982	8,73
	d. 5./6.	69,8	5,270	0,304	4,966	7,11
	d. 14./7.	39,7	3,368	0,260	3,108	7,83
	d. 29./8.	5,4	0,860	0,140	0,720	13,33
1874	d. 7./1.	8,3	1,084	0,237	, 847	10,20
Sa. resp. Durchschnitt 173,0 g					13,961 g	8,08 Proz.
c. Versuchsnummer 348, Gefäßgröße II.						
1872	d. 17./7.	30,0	2,507	0,140	2,367	7,89
	d. 14./9.	25,8	2,249	0,111	2,138	8,29
1873	d. 8./1.	10,2	0,937	0,053	0,884	8,67
	d. 5./6.	111,5	7,310	0,298	7,012	6,29
	d. 14./7.	69,0	4,761	0,237	4,524	6,56
	d. 29./8.	5,6	0,611	0,081	0,530	9,46
1874	d. 7./1.	2,5	0,322	0,032	0,290	11,60
Sa. resp. Durchschnitt 254,6 g					17,745 g	6,97 Proz.
d. Versuchsnummer 350, Gefäßgröße I.						
1872	d. 17./7.	26,2	2,267	0,085	2,182	8,33
1873	d. 8./1.	52,5	5,069	0,678	4,391	8,36
	d. 5./6.	168,2	10,106	0,666	9,440	5,61
	d. 14./7.	80,0	5,994	0,339	5,655	7,07
	d. 29./8.	75,3	5,775	0,362	5,413	7,19
1874	d. 7./1.	15,0	1,963	0,166	1,797	11,98
Sa. resp. Durchschnitt 417,2 g					28,878 g	6,92 Proz.

Die salzsauren Lösungen der aus den verschiedenen Schnitten stammenden Reinaschen von jeder Nummer wurden schliesslich sämtlich vereinigt, mit destilliertem Wasser zu je 1000 ccm aufgefüllt und die darin enthaltenen Pflanzennährstoffe nach den gewöhnlichen Methoden der Aschenanalyse bestimmt.

Die von Herrn Dr. Fraude ausgeführten Analysen ergaben in der vereinigten Reinasche der beiden Kleeernten von 1872 und 1873:

a. Versuchsnummer **314**, Gefäßgröße IV.

Eisenoxyd	0,0472
Kalkerde	2,0305
Magnesia	0,3913
Kali	1,4376
Natron	0,0415
Phosphorsäure	0,6881

b. Versuchsnummer **346**, Gefäßgröße III.

Eisenoxyd	0,0947
Kalkerde	4,7810
Magnesia	0,7784
Kali	2,8729
Natron	0,1147
Phosphorsäure	1,2401

c. Versuchsnummer **348**, Gefäßgröße II.

Eisenoxyd	0,0985
Kalkerde	5,5356
Magnesia	0,8346
Kali	4,1657
Natron	0,0875
Phosphorsäure	1,4392

d. Versuchsnummer **350**, Gefäßgröße I.

Eisenoxyd	0,1750
Kalkerde	9,1168
Magnesia	1,2991
Kali	6,8079
Natron	0,1113
Phosphorsäure	2,2164

Wenn man aus diesen Zahlen ersieht, daß der Klee in zweijähriger Vegetation aus der geringen Bodenmenge der kleinen Gefäße vierter Größe ungefähr 2 g Kalk, $1\frac{1}{2}$ g Kali und $\frac{2}{3}$ g Phosphorsäure aufzunehmen vermochte, so wird man wohl nicht länger darüber in Zweifel bleiben, daß die in unserem Gartenboden enthaltenen Nähr-

stoffe für weit grössere Ernten ausgereicht hätten, als unsere Versuche im Jahre 1872 durchweg ergaben.

Und wenn man weiter aus diesen Zahlen folgende kurze Zusammenstellung entnimmt:

Die beiden mit Klee bestandenen Gefäße	Nro. 350	und	Nro. 314.
			Größe I. Größe IV.
Erhielten troeknen Boden	18 030		3 005 g
Produzierten Troekensubstanz	541,6		95,7 „
In dieser wurde gefunden Reinasehe	28,878		6,490 „
Speziell von den wichtigsten Nährstoffen:			
Kalkerde	9,117		2,031 „
Magnesia	1,299		0,391 „
Kali	6,808		1,438 „
Phosphorsäure	2,216		0,688 „

und bei Vergleich dieser Daten, indem man bequemlichkeitshalber alle die Nro. 350 betreffenden Angaben = 100 setzt, findet:

	Nro. 350.	Nro. 314.
Erhielt Boden	100	16,7
Produzierte Troekensubstanz	100	17,7
Letztere enthielt aber Reinasehe	100	22,5
Und von den wichtigsten Nährstoffen:		
Kalkerde	100	22,3
Magnesia	100	30,1
Kali	100	21,1
Phosphorsäure	100	31,0

so wird man ebenfalls nicht geneigt sein, den Grund, warum in dem sechs Mal kleineren Gefäße nicht mehr als etwa ein Sechstheil soviel Troekensubstanz produziert wurde, wie in dem großen Gefäße, in einem eventuellen Nährstoffmangel zu suchen.

Der Beweis war aber immerhin nur ein indirekter; um auch einen direkten zu schaffen, wurde deshalb im Jahre 1873, wie schon oben im Vorbeigehen erwähnt worden ist, die eine Hälfte der Kleepflanzen gedüngt und zwar erhielten die

Nro. 315.	Gefäfs IV.	Größe	
„ 347.	„ III.	„	
„ 349.	„ II.	„	und
„ 351.	„ I.	„	

am 12. April bei Beginn der neuen Vegetation im Frühjahr einen Zusatz von je 0,3 g reinem schwefelsaurem Kali, ferner 0,3 g von einem

Kalksuperphosphat mit 18 Proz. löslicher Phosphorsäure und 0,15 g Chilisalpeter mit 95 Proz. salpetersaurem Natron.

Dieselbe Düngung wurde dann unmittelbar nach dem zweiten Schritte am 14. Juli 1873 noch einmal wiederholt.

Und schliesslich führte man unmittelbar nach dem dritten Schritte am 29. August jedem der vier Gefässe noch 0,3 g Kalisalpeter, 0,3 g von obigem Superphosphat und 1 g Gyps zu.

Wenn in den beschränkten Bodenquantitäten durch die Kleevegetation allmählich eine Erschöpfung der Nährstoffe eintrat, so musste sich dies durch eine ansehnliche Steigerung des Ertrages in den gedüngten und durch ein auffälliges Zurückbleiben des Wachstums in den nicht gedüngten Gefässen deutlich machen.

Wie die oben speziell mitgeteilten Ertragszahlen unserer Kleepflanzen zeigen, trat nichts dergleichen ein, und man wird wiederum dahin geführt, die Erklärung für die verschiedenen Erträge in den vier Gefässgrößen nur in den ungleichen Raumverhältnissen zu suchen, welche für die Entwicklung der Wurzeln disponibel waren.

Zum bequemeren Überblick mögen die summarischen Kleeerträge der gedüngten und der ungedüngten Gefässe hier noch einmal Platz finden. Es wurde an Trockensubstanz geerntet:

In Gefässgröße IV.	Von dem ungedüngten Nro. 314.	gedüngten Klee Nro. 315.
	g	g
Im Jahre 1872	26,1	24,6
” ” 1873	50,7	60,9
” ” 1874	18,9	23,1
In Summa	95,7	108,6
In Gefässgröße III.	Nro. 346.	Nro. 347.
Im Jahre 1872	49,8	31,1
” ” 1873	123,2	104,0
” ” 1874	56,9	55,9
In Summa	229,9	191,0
In Gefässgröße II.	Nro. 348.	Nro. 349.
Im Jahre 1872	66,0	47,4
” ” 1873	188,6	157,6
” ” 1874	7,8	5,2
In Summa	262,4	210,2
In Gefässgröße I.	Nro. 350.	Nro. 351.
Im Jahre 1872	78,7	53,4
” ” 1873	338,5	253,5
” ” 1874	124,4	120,9
In Summa	541,6	427,8

Neben dieser Versuchsreihe mit Klee wurden im Jahre 1873 zur weiteren Erörterung der Frage gleichzeitig noch einige neue Experimente mit Gerste und Erbsen angestellt.

Es wurden zu diesem Behufe von den im vorigen Jahre benutzten Glaszylindern II. bis IV. Höhe einige mit Steinen und Watte in bekannter Weise drainiert und dann mit dem ebenfalls bekannten, ausgesiebten und lufttrocknen Gartenboden gefüllt. Das Einfüllen geschah aber diesmal in Erinnerung der im Vorjahre gemachten Erfahrung in der Weise, daß man den Boden gleich beim Einbringen in die Gefäße mit einem hölzernen Stempel nicht wieder bloß leicht, sondern schichtweise fest andrückte.

104,99 g lufttrockner Boden gaben nach vollständigem Austrocknen 102,31 g Rückstand, derselbe enthielt demnach 2,55 Proz. hygroskopischer Feuchtigkeit.

Die Menge des eingebrachten Bodens betrug:

In der Versuchs- nummer	Gefäßgröße	Lufttrockner Boden g	Ganz trockner Boden g
352.	IV.	3 247	3 164
353.	IV.	3 400	3 313
354	III.	6 338	6 176
355.	III.	6 000	5 847
356.	II.	13 465	13 122
357.	II.	13 550	13 204
358.	IV.	2 960	2 885
359.	IV.	2 943	2 868

Hiervon wurden die Nummern 352 bis 357 mit kleiner Gerste (Hord. vulgar.) und die beiden Nummern 358 und 359 mit Erbsen angesät.

Die Samenqualität der Gerste war: Spezifisches Gewicht 1,20 bis 1,22, im Mittel 1,21, absolutes Gewicht 30 bis 36, im Mittel 34 mg pro Korn.

Die Erbsensamen wogen 130 bis 180, im Mittel 155 mg das Stück.

Von den Erbsen wurden am 2. Mai je fünf gekeimte Samen eingesät, von denen man zwei zu weiterer Entwicklung kommen ließ.

Von der Gerste wurden am 5. Mai je zwölf Körner pro Kulturgefäß ausgelegt, die man später auf je vier Pflanzen ausdünnete.

Nach dem Aufgehen der jungen Pflänzchen erhielten die Gefäße dieselbe Aufstellung, wie im vorhergehenden Jahre (s. S. 199).

Die Bodenfeuchtigkeit wurde während der ganzen Vegetationszeit auf 70 bis 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Gartenbodens normiert.

Der Tendenz des Versuches gemäß wurde die eine Hälfte der Gefäße kurz nach der Bestellung gedüngt und zwar erhielten die mit Gerste bestellten

Nro. 353.	Gefäßgröße IV.
„ 355.	„ III. und
„ 357.	„ II.

je 0,3 g reines schwefelsaures Kali, 0,15 g Chilisalpeter und 0,3 g Kalksuperphosphat (à 18 Proz. lösliche Phosphorsäure) — und die mit Erbsen besäete

Nro. 359. Gefäßgröße IV.

0,6 g schwefelsaures Kali, 0,3 g Chilisalpeter und 0,6 Superphosphat.

(Wenn diese Düngung für den ersten Blick sehr geringfügig erscheinen sollte, so sei erwähnt, daß die lichte Oberfläche unserer sämtlichen Kulturgefäße je 154 □ cm umfaßte und daß demnach das verabreichte Düngerquantum, auf eine größere Fläche berechnet, ungefähr gleich war bei der Gerste: 200 kg schwefelsaures Kali, 200 kg Superphosphat und 100 kg Chilisalpeter pro Hektar, bei den Erbsen von allen die doppelte Menge.)

Die Vegetation der Gerste verlief bei allen Nummern durchaus normal. Die Entwicklung der Pflanzen stellte sich nach und nach in ein sehr enges Verhältnis zu den verschiedenen Gefäßgrößen. Ein Unterschied zwischen den ungedüngten und gedüngten Nummern gleicher Gefäßgröße war nie und nirgends zu bemerken.

Von den Erbsen entwickelte sich nur die gedüngte Nummer gut, obwohl nicht gerade besser als die vorjährigen Pflanzen. Die ungedüngten Erbsen machten allezeit einen schwächlichen Eindruck, blieben auch im Schotenansatze zurück; eine ausgesprochene Krankheitserscheinung war jedoch nicht zu konstatieren.

Die morphologischen Verhältnisse der reifen Pflanzen, deren spezielle Mitteilung als Beispiel für die Entwicklung des oberirdischen Pflanzenteils bei verschieden beschränktem Bodenvolumen hier vielleicht nicht ganz ohne Interesse ist, waren:

b. Bei den Erbsen:

Versuchsnummer	Gefäßgröße	Anzahl der Nebenweige	Länge der Stengel und Nebenweige cm	Anzahl der Blätter	Anzahl der Früchte	Anzahl der Körner
358.	IV.	2	127, 205, 96, 82. in Sa. 410.	38 + 37 in Sa. 75	8 + 8 in Sa. 16	55
359.	IV.	2	140, 124, 94, 124. in Sa. 452.	48 + 50 in Sa. 98	14 + 11 in Sa. 25	108

Der Ertrag an Trockensubstanz stellte sich wie folgt:

Laufende Versuchsnummer	Gefäßgröße	Düngung	Erntemasse			Ein Korn wog im Durchschn. mg	Relatives Verhältnis		
			Körner mg	Spreu mg	Stroh mg		Sa. der Ernte = 100 gesetzt.	Körner : Spreu : Stroh	
a. Gerste:									
352.	IV.	ungedüngt	5 721	1050	5 757	29	45,7	8,4	45,9
353.	IV.	gedüngt	5 649	888	6 403	34	43,6	6,9	49,5
354.	III.	ungedüngt	13 353	2178	12 450	33	47,7	7,8	44,5
355.	III.	gedüngt	13 203	2240	12 092	36	47,9	8,2	48,9
356.	II.	ungedüngt	28 906	5538	22 844	36	50,5	9,6	39,9
357.	II.	gedüngt	28 055	5630	20 916	37	51,2	10,6	38,2
b. Erbsen:									
358.	IV.	ungedüngt	6 880	1303	9 086	125	39,8	7,6	52,6
359.	IV.	gedüngt	14 135	2465	15 095	131	44,6	7,8	47,6

Es interessiert uns hier zunächst das Verhältnis der Erträge zwischen den gedüngten und den ungedüngten Nummern am meisten und von besonderer Wichtigkeit in dieser Beziehung erscheint die geradezu überraschende Gleichheit, welche die Produktion der Gerste in allen Gefäßen nachweist.

Bei dieser Frucht hatte die gegebene Düngung ganz offenbar gar nichts zu wirken vermocht. Sie hatte das Massenwachstum weder über die vorjährige Produktion in den gleichen Gefäßgrößen, noch über den Ertrag der diesjährigen ungedüngten Vergleichspflanzen gesteigert.

Mit diesem Resultate scheinen auf den ersten Blick die von den beiden mit Erbsen bestellten Nummern erhaltenen Erträge in direktem Widerspruche zu stehen. Eine genauere, unbefangene Betrachtung des Falles hebt aber diese Befürchtung, wie wir meinen, sofort und vollständig auf.

Die gedüngte Nummer hatte allerdings sehr viel mehr produziert, als die unter gleichen Verhältnissen stehende nicht gedüngte. Aber sie hatte trotz ihrer vorzüglich verlaufenden Vegetation doch nicht mehr, oder doch nur unwesentlich mehr Trockensubstanz erzeugt, als die vorjährigen Erbsenpflanzen in der IV. Gefäßgröße. Andererseits wuchsen die beiden Pflanzen der ungedüngten Nummer in diesem Jahre auffallend kümmerlich, wie sich schon ziemlich frühzeitig in unserem Journale bemerkt findet und wie durch das wenig günstige Körnerverhältnis in ihrer Erntemasse bestätigt wird. Wenn es uns auch nicht gelang, einen bestimmten Grund dafür aufzufinden, so machte es doch ihr ganzes Aussehen unzweifelhaft, daß sie ihre volle normale Entfaltung diesmal nicht erreichten.

Wir vermögen hiernach den komparativen Versuch mit Erbsen nur als mißlungen anzusehen, und finden keinen Grund, der dazu zwänge, ihn als im Widerspruche mit den übrigen hierher gehörigen Beobachtungen stehend zu betrachten.

Den eventuellen Einwand, daß in unseren Versuchen über die Entwicklung der Pflanzen in verschieden beschränkten Bodenmengen die Erträge möglicherweise nicht, oder wenigstens nicht allein durch den verschiedenen für die Entfaltung der Wurzeln gegebenen Raum bestimmt, sondern ganz, oder mindestens teilweise von den bis zu einem gewissen Grade ebenfalls beschränkten Nährstoffquantitäten abhängig gewesen seien, können wir demnach wohl als grund- und

bedeutungslos ansehen und dürfen zur weiteren Betrachtung unserer Resultate zurückkehren. Wir hatten oben den Satz aufgestellt:

„Aber auch so noch vermögen die Versuche nach unserer Meinung einen gültigen Beweis zu liefern, dass das Bodenvolumen unter Umständen, wie sie in der Sandkultur häufig genug vorkommen, einen entscheidenden Einfluss auf die Vegetation der Versuchspflanzen und auf die Produktion von Trockensubstanz ausüben kann, — ja wir glauben, dass dieselben hinreichende Andeutungen für die Richtigkeit der Behauptung enthalten, dass unter diesen Umständen die Höhe des Ertrages in umgekehrtem Verhältnis zu der Summe der mechanischen Widerstände, welche der Entwicklung des Wurzelnetzes der Versuchspflanzen entgegentreten und damit in einem annähernd geraden Verhältnis zu dem Bodenvolumen, resp. der Größe und Form der Kulturgefäße steht.“

Versuchen wir jetzt, zunächst den zweiten Teil dieses Satzes näher zu begründen:

Die Summe der Widerstände, welche der Entwicklung des Wurzelnetzes der Versuchspflanzen entgegentreten, ist eine Größe, die sich nicht durch eine bestimmte Zahl ausdrücken lässt, und die leicht ersichtlich dem Bodenvolumen auch nicht direkt, sondern nur bis zu einem gewissen Grade annähernd proportional sein wird.

Der Boden repräsentiert, wenn man ihn auch durch ein enges Sieb getrieben und mit der peinlichsten Sorgfalt gemischt hat, doch keine durchweg gleichartige Masse; ebensowenig ist es praktisch möglich, das Einfüllen desselben in verschiedene Gefäßgrößen absolut gleichmäßig vorzunehmen; sodann setzen sich die größeren Bodenmengen in den höheren Gefäßen unter ihrem eigenen größeren Gewichte im Laufe der Zeit stärker zusammen, als die kleineren; endlich steht die Summe der Wand- und Grundflächen der verschiedenen Bodencylinder, an welchen sich die Wurzeln reicher entwickeln, als im Inneren, nicht in geradem Verhältnis zu dem Kubikinhalte oder dem Gewichte derselben.

Man wird deshalb einen scharfen mathematischen Beweis hier nicht verlangen und uns von weiteren Verpflichtungen entlasten können, wenn es uns gelingt, nachzuweisen, dass unsere Versuche hinreichende Andeutungen für das Bestehen einer Proportionalität zwischen Bodenvolumen und Ertrag in der That enthalten.

Solche aber glauben wir in den folgenden Zahlen zu finden:

In den vier ungedüngten mit Klee bestandenen Nummern

	Nro. 314. IV.	Nro. 346. III.	Nro. 348. II.	Nr. 350. I.
betrug die Menge des trocknen Bodens . . .	3005	6010	12 020	18 030 g
und wurde an Trockensubstanz in Summa geerntet	95,7	229,9	(262,4)	541,6 „

Sieht man hierbei von der Ernte der II. Gefäßgröße Nro. 348, deren Pflanzen fast ein ganzes Jahr früher zu Grunde gingen, als die der anderen Nummern ab, so berechnet sich das Verhältnis

	Nro. 314. IV.	Nro. 348. III.	Nro. 350. I.
der Bodenmenge =	1	:	2 : 6
und der Erntemasse = :	1	:	2,4 : 5,7.

Bei den Erbsen

	Nro. 306 u. 307. IV.	Nro. 322 u. 323. III.
betrug die angegebene Bodenmenge	3100	6200 g
und die Durchschnittsernte an Trockensubstanz	29,97	47,94 „

Hieraus aber berechnet sich das Verhältnis

	Nro. 306 u. 307. IV.	Nro. 322 u. 323. III.
der Bodenmenge =	1	:
der Erntemasse =	1	:
		2
		1,6

Bei den Bohnen

	Nro. 308 u. 309. IV.	Nro. 328 u. 329. III.
Bodenmenge	3100	6200 g
Durchschnittsertrag	30,34	53,60 „

und das Verhältnis

	Nro. 308 u. 309. IV.	Nro. 328 u. 329. III.
der Bodenmenge =	1	:
der Erntemasse =	1	:
		2
		1,8

Von den beiden Kontrollversuchen mit Bohnen in Gefäßgröße III. differierte der Ertrag bedeutend. Vergleicht man statt der Durchschnittsproduktion nur den besten Ertrag der III. Gefäßgröße (Versuchsnummer 329) mit dem besten der IV. Gefäßgröße (Versuchsnummer 308), so findet man:

	Nro. 308.	Nro. 329.
	IV.	III.
Ertrag an Trockensubstanz	30,74	60,07 g
Verhältnis zwischen beiden =	1	2

Bei der Gerste aus dem Jahre 1872:

	<u>Nro. 304 u. 305.</u>	<u>Nro. 316 u. 317.</u>
	IV.	III.
betrug die Bodenmenge	3100	6200 g
der Durchschnittsertrag	19,28	34,54 „

mithin das relative Verhältnis

	<u>Nro. 304 u. 305.</u>	<u>Nro. 316 u. 317.</u>
	IV.	III.
der Bodenmenge =	1	2
der Erntemasse =	1	1,8

Und endlich bei der Gerste aus dem Jahre 1873:

a. Ungedüngt:

	Nro. 352.	Nro. 354.	Nro. 356.
	IV.	III.	II.
gegebene Bodenmenge	3164	6176	13 122 g
geerntete Trockensubstanz	12,528	27,981	57,288 „

daraus berechnetes Verhältnis

	Nro. 352.	Nro. 354.	Nro. 356.
	IV.	III.	II.
Bodenmenge =	1	2	4,2
Ertrag =	1	2,2	4,6

b. Gedüngt:

	Nro. 353.	Nro. 355.	Nro. 357.
	IV.	III.	II.
gegebene Bodenmenge	3313	5847	13 204 g
geerntete Trockensubstanz	12,940	27,535	54,801 „

daraus berechnetes Verhältnis

	Nro. 353.	Nro. 355.	Nro. 357.
	IV.	III.	II.
Bodenmenge =	1	1,8	4,0
Ertrag =	1	2,1	4,2

Läfst man mit uns diese Andeutungen für die Richtigkeit des zweiten Teiles unserer obigen Behauptung als „hinreichend“ gelten, so bedarf der erste Teil derselben, „daß das Bodenvolumen unter Umständen, wie sie bei der Sandkultur häufig genug vorkommen, einen entscheidenden Einfluß auf die Vegetation der Versuchspflanzen und auf die Produktion von Trockensubstanz ausüben kann,“ offenbar keines besonderen Beweises weiter.

Niemand wird die Bedeutung verkennen, welche diese Sätze für unsere Methode der Pflanzenkulturen in geschlossenen Räumen haben.

Die Gefäßgrößen, welche man bei Anstellung derartiger Kulturversuche benutzt, werden in der Regel innerhalb der Grenzen liegen, innerhalb welcher die Entwicklung der Wurzeln eine Beschränkung erfährt, und innerhalb welcher diese Beschränkung ihren vollen Einfluß auf das Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile geltend macht.

Es wird also bei der Beurteilung derartiger Versuchsergebnisse der Größe der Gefäße oder dem verwendeten Bodenvolumen eine ebenso gewissenhafte Beachtung geschenkt werden müssen, wie der Art und Menge der verabreichten Nährstoffe, der Bodenfeuchtigkeit, dem Lichte, — kurz wie jedem anderen für den Verlauf des Pflanzenlebens entscheidenden Faktor.

Man wird in der gewählten Gefäßgröße einen Ausgangspunkt finden, von dem aus sich der in einer gegebenen Versuchsreihe mögliche Maximalertrag von vornherein bis zu einem gewissen Grade annähernd berechnen, eventuell auch beliebig bestimmen läßt, und man wird in derselben eine erwünschte Grundlage haben, auf welcher man zu beurteilen vermag, ob man sich mit der Vegetation seiner Versuchspflanzen zufriedengestellt erklären darf, oder nicht.

Wie viel dies alles für den Experimentator wert ist, vermag nur der vollkommen mitzufühlen, der sich viel mit derartigen Versuchen beschäftigt hat.

Wir selbst werden in dem Verfolg dieser Mitteilungen noch häufig Gelegenheit finden, die hier gemachten Erfahrungen zu verwerten.

Fünftes Kapitel.

**Entwicklung der Wurzeln bei verschieden dichter
Aussaat.**

Die Versuche des dritten und vierten Kapitels hatten gelehrt, daß sich die Wurzelentwicklung und damit die Ausbildung und der Ertrag der ganzen Pflanze durch die Benutzung eines geringen Bodenvolumens, ohne der Gesundheit der Pflanze zu schaden, bis zu einem gewissen Grade willkürlich beschränken läßt.

Es war zu erwarten, daß man ganz denselben Effekt auch dadurch erreichen könne, daß man in einem gegebenen Bodenvolumen die Zahl der darin wachsenden Pflanzenindividuen allmählich vermehrte.

Wenn sich in einer Versuchsreihe, die durch eine Anzahl gleich großer und unter ganz gleichen Verhältnissen bestellter, aber mit einer ungleichen Anzahl, z. B. mit 2, 4, 8, 16, 24 Pflanzen besäeter Kulturgefäße gebildet war, von einem gewissen Punkte an der Ertrag mit der wachsenden Pflanzenanzahl nicht weiter steigerte, sondern statt dessen die Größe der einzelnen Pflanzenindividuen in umgekehrtem Verhältnisse zur Anzahl derselben abnahm, so war damit eine wertvolle Bestätigung der früheren Resultate erlangt.

Zugleich aber fand die Frage, wie groß das Bodenvolumen sei, welches eine einzelne Pflanze mit ihren Wurzeln im Maximo noch vollständig auszunutzen vermag, weitere Erledigung, und endlich gewann man einen praktisch erwünschten sicheren Anhalt dafür, wie viel Pflanzen bei den beabsichtigten Ernährungsversuchen am zweckmäßigsten für ein Kulturgefäß von bestimmter Größe zu verwenden waren.

Einige Versuchsreihen, die schon im Jahre 1864 — damals allerdings nur zur Erörterung des letzt genannten Punktes — angestellt waren, deren Ausführung aber den hier geforderten Bedingungen nach allen Richtungen entsprach, mögen an dieser Stelle ihren Platz finden:

Es wurden eine Anzahl gläserner Gefäße von drei verschiedenen Gröfsen in der im vorigen Abschnitte beschriebenen Weise mit dem lockeren humusreichen Boden aus dem Garten unserer Versuchstation gefüllt.

Diese Gefäße hatten nicht eine rein cylindrische Form, sondern waren nach Art der Blumentöpfe nach unten hin konisch verjüngt, jedoch nur in mäfsigem Grade.

Die Dimensionen der drei Gefäfsgröfsen waren:

	Lichter Durchmesser		Höhe
	oben	unten	
	cm	cm	cm
Gröfse I.	16	13	58
„ II.	15	11	28
„ III.	11	9	16

Die Bodenquantität, welche dieselbe fafsten, betrug:

Bei Gröfse I.	:	12 500 g
„ „ II.	:	5 000 „
„ „ III.	:	1 667 „

Als Versuchsfrucht wurde die kleine Gerste (Hord. vulgare) gewählt.

Die von dieser zum Saatgut ausgesuchten Körner hatten ein spezifisches Gewicht zwischen 1,18 und 1,21, im Mittel = 1,195 und wogen lufttrocken pro Stück 28 bis 32, d. i. durchschnittlich 30 mg.

Diese Samen wurden am 27. Mai zwischen feuchtes Fließpapier gebracht und nachdem sie dort ihr Würzelchen hervorgetrieben, am 30. Mai zur Ansaat benutzt.

Man trug hierbei Sorge, nur die am besten und gleichmäfsigsten gekeimten zu verwenden und gab in Versuchsreihe a., — Gefäße I. Gröfse:

Auf Versuchsnummer	360	1 Samen
„ „	361	2 „
„ „	362	3 „
„ „	363	4 „
„ „	364	6 „
„ „	365	8 „
„ „	366	12 „
„ „	367	16 „
„ „	368	24 „

ferner in Versuchsreihe b., -- Gefäße II. Größe:

Auf die beiden Versuchsnummern	369 und 379	je	1 Samen
" " "	370 " 380	"	2 "
" " "	371 " 381	"	3 "
" " "	372 " 382	"	4 "
" " "	373 " 383	"	5 "
" " "	374 " 384	"	6 "
" " "	375 " 385	"	8 "
" " "	376 " 386	"	12 "
" " "	377 " 387	"	16 "
" " "	378 " 388	"	24 "

und in Versuchsreihe e., -- Gefäße III. Größe:

Auf die Versuchsnummer	389	1 Samen
" " "	390	2 "
" " "	391	3 "
" " "	392	4 "
" " "	393	6 "
" " "	394	8 "
" " "	395	2 "
" " "	396	4 "
" " "	397	8 "

Dank der sorgfältigen Auswahl und Behandlung der Samen blieb kein einziger derselben beim Aufgehen aus und wir hatten bald das Vergnügen, in jedem unserer Kulturgefäße die ursprünglich beabsichtigte Anzahl von Pflanzen ihren Lebenslauf antreten zu sehen.

Nach den Zählungen v. Gohrens stehen in freiem Felde auf einem Hektare Gerstenland bei mitteldichter Aussaat ungefähr 1 500 000 Pflanzen. Wir selbst fanden bei mehreren Zählungen deren bis zu 2 000 000. Nehmen wir als eine wahrscheinliche Mittelzahl 1 800 000 Gerstenpflanzen pro Hektar an.

Nach den oben mitgeteilten Dimensionen unserer Kulturgefäße aber würde sich der Oberflächeninhalt derselben bei denen I. Größe auf 201, bei denen II. auf 176 und bei denen III. auf 95 □ em berechnen, oder — es würden 500 000 Gefäße I., 570 000 Gefäße II. und 1 050 000 Gefäße III. Größe der Oberfläche eines Hektars entsprechen.

Vergleicht man nach diesen Angaben den Stand unserer Versuchspflanzen mit dem der Feldpflanzen unter gewöhnlichen Kulturverhältnissen, so kommt man zu dem Resultate, daß die drei resp. vier Pflanzen in unseren Versuchsnummern 362 und 363, die drei in

Nro. 371 und 381, und die zwei in Nro. 390 und 395 ungefähr so dicht standen, wie die Feldpflanzen unter den gewöhnlichen praktischen Verhältnissen; dafs aber die Anzahl von acht, zwölf und mehr Pflanzen in den Gefäfsen I. und II. Gröfse und die von vier, sechs und acht Pflanzen in denen III. Gröfse einer abnorm dichten Aussaat entsprach, während andererseits die geringe Pflanzenanzahl in den Gefäfsen Nro. 360, 361, 369, 370, 379, 380 und 389 den einzelnen Individuen einen Raum zur Verfügung stellte, welcher die gewöhnlichen Verhältnisse um das Doppelte bis Vierfache übertraf.

Die Gefäfsse wurden sofort nach der Ansaat auf dem Vegetationswagen plaziert und standen dort, so weit es die Witterung zuliefs, bis zum Schlufs der Versuche im Freien. Bei ungünstigem Wetter bot das Glashausschutz.

Als Norm für die Bodenfeuchtigkeit waren für die ganze Vegetationszeit die Grenzen zwischen 24 bis 12 Proz. der wasserfassenden Kraft des Gartenbodens in Aussicht genommen worden; damit aber war ein entschiedener Fehler begangen. Wir standen damals noch unter dem Einflusse der ganz ungerechtfertigten Fureht, dafs ein hoher Feuchtigkeitsgrad des Bodens in den gläsernen, nicht porösen Kulturgefäfsen besonders der I. Gröfse leicht Veranlassung geben könne zu einer Erkrankung der Wurzeln und zu anderen Abnormitäten in der Vegetation. Spätere Versuche überzeugten uns nicht nur, dafs diese Besorgnis ungegründet war, sondern dafs eine Wasserzufuhr in den von uns in Aussicht genommenen Grenzen überhaupt nicht ausreichend ist, das Bedürfnis der Pflanzen in allen Fällen zu decken und das Maximum der Produktion zu ermöglichen. Glücklicherweise wurden wir noch ziemlich zeitig während der Vegetation unserer Versuchspflanzen auf diesen Fehler aufmerksam gemacht. Schon am 16. Juni wurde bemerkt, dafs die Pflanzen vorübergehend ein dürftiges, trocknes Aussehen annahmen, und eine andere Erklärung als die, dafs an diesem Tage die Bodenfeuchtigkeit auf 14 Proz. der wasserfassenden Kraft herabgesunken war, liefs sich nicht wohl finden. Diese Erscheinung, die an trocknen, warmen Tagen selbst bis zum Welkwerden der Blätter vorschritt, wurde im Juni noch einige Male gemacht und dies veranlafste dazu, von Anfang Juli an die Wasserzufuhr zu erhöhen. Die Bodenfeuchtigkeit wurde von da ab bis zum Lebensende der Pflanzen zwischen 30 und 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens schwankend erhalten.

Auf Grund unserer späteren Erfahrungen haben wir bestimmte Veranlassung, anzunehmen, daß auch die später gegebenen Feuchtigkeitsmengen nicht voll genügten und daß dieser relative Wassermangel besonders in dem ersten Drittel ihres Lebens nicht ohne Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen geblieben ist.

Dieser Fehler beschränkt die Brauchbarkeit der Resultate nach einer Seite; denn da in den großen Gefäßen es immer längere Zeit erforderte, bis die Bodenfeuchtigkeit auf das beabsichtigte Minimum herabsank, als in den kleinen, so wurden jene auch seltener begossen, als diese, und mußten unter dem beregten Fehler stärker leiden. Man wird also das Verhalten der Versuchspflanzen in den verschiedenen Gefäßgrößen hier um so weniger mit einander vergleichen dürfen, da auch noch die lichtempfangende Oberfläche derselben verschieden war.

Glücklicherweise aber tangiert derselbe nicht auch die Vergleichbarkeit der einzelnen in gleich großen Gefäßen stehenden Versuchsnummern unter einander, denn diese fanden allesamt zwar nicht die günstigsten, aber zu jeder Zeit absolut gleiche Vegetationsbedingungen.

Mit Ausnahme des erwähnten Welkwerdens gab übrigens das Wachstum der Versuchspflanzen zu ungünstigen Bemerkungen keine Veranlassung.

Zwar zeigte sich im Juni auf einigen Blättern der Rost, der sich schnell auf alle Versuchspflanzen verbreitete und die Nummern 361, 374 bis 377, 381, 385 bis 386, 389, 391, 393 und 395 bis 396 in stärkerem Grade besetzte. Merklich nachteilig schien derselbe aber außer bei den genannten Nummern nicht zu wirken. Als die Ähre entwickelt war, stäubten die bis dahin gereiften Pilzsporen ab, ohne sich wieder von neuem festzusetzen und auf den Blättern blieben nur die den Sitz der Dauersporen bezeichnenden dunkeln Flecke zurück.

(Wie sich genau verfolgen liefs, war der Rost auf unsere Gefäße von einigen Queckenpflanzen übertragen worden, die sich unfern von dem Vegetationswagen in einer alten Buchsbaumeinfassung angesiedelt hatten und über und über mit der Puccinia bedeckt waren. Eine Vertilgungsjagd auf die Quecken, die in den folgenden Jahren immer rechtzeitig wiederholt wurde, schützte uns von da an voll-

ständig vor einer neuen Invasion des Schmarotzerpilzes auf unseren Versuchspflanzen.)

Der Einfluss, den die Beschränkung des zur Wurzelentwicklung gewährten Raumes einerseits durch die verschiedene Gröfse der Kulturgefäse, andererseits durch die ungleiche pro Kulturgefäfs gegebene Pflanzenanzahl ausübte, machte sich schon früh deutlich sichtlich. Schon Mitte Juni waren die Pflanzen in den Gefäsen III. Gröfse merklich kleiner, als in denen I. und II. Gröfse, und in derselben Versuchsreihe wurde jede einzelne Pflanze um so ärmlieher, je mehr Individuen in einem Gefäfs zusammengedrängt waren.

Bei dem weiteren Fortschreiten der Vegetation gewährte es das höchste Interesse, beobachten zu können, wie sich jede einzelne Pflanze mit ihrem Wachstum von Tage zu Tage schärfer nach dem ihr zur Verfügung gestellten Bodenraume richtete.

Die einzige Pflanze der Nro. 360, welche in ihrem Gefäfs I. Gröfse offenbar Überflufs an Raum hatte, konnte mit ihrer Bestockung fast kein Ende finden und produzierte nach und nach 15 ährentragende Halme. Die ersten Ähren waren wahre Riesenexemplare und lieferten Samen von vorzüglicher Schönheit. Dafs die späteren, die mit praechtvollem Grannensehmueke kaum weniger grofs waren, entweder ganz oder in der oberen Hälfte Körner brachten, die zwar normal lang, jedoch auffallend schmal und dünn waren, ist vielleicht aus der vorgerückten Jahreszeit, in die ihre Ausbildung fiel und der damit verbundenen Abnahme der Licht- und Wärmeintensität zu erklären.

Von den beiden Pflanzen der nächsten Nummer entwickelte die eine nur acht, die andere nur sechs Ähren.

Und so nahm der Trieb zur Bestockung ganz in dem Grade ab, in welchem die Zahl der in einem Kulturgefäfs zusammen wachsenden Pflanzen sich steigerte.

In dem letzten Gefäfs dieser Versuchsreihe, Nro. 368, brachten von den 24 Individuen, mit denen dasselbe besetzt war, nur noch vier je eine sehr schwächliche Nebenähre und drei ein paar dünne unfruchtbare Seitentriebe.

Ganz ähnlich war das Verhalten der Pflanzen auch in den beiden anderen Versuchsreihen, nur dafs in diesen natürlich, dem geringeren Bodenvolumen entsprechend, der Trieb zur Bestockung schon früher seine Endschaft erreichte.

In der Versuchsreihe b. — Gefäße II. Größe — blieben die Pflanzen schon einhalbig, wenn zwölf Individuen, und in der Versuchsreihe c. — Gefäße III. Größe —, wenn nur sechs Individuen in einem Gefäße zusammen standen.

Am deutlichsten wird der Effekt, den die Beschränkung des für die Wurzelentwicklung verfügbaren Raumes hatte, aus der nachfolgenden Zusammenstellung ersichtlich werden, in welcher wir die Gestalts- und Gewichtsverhältnisse so vollständig als möglich wiedergeben, die wir bei der Ernte an unseren Versuchspflanzen fanden.

Vorher sei nur noch bemerkt, daß auch in diesen Versuchen wie bei den im vorigen Abschnitte beschriebenen Experimenten die Länge der Vegetationszeit der Pflanzen in den Gefäßen verschiedener Größe eine ganz bedeutend verschiedene war.

Es konnten als vollkommen ausgereift geerntet werden

die Pflanzen der Versuchsreihe c. in den Gefäßen III. Größe vom 9. bis 11. September,

die der Versuchsreihe b. in den Gefäßen II. Größe vom 26. bis 30. September und

die der Versuchsreihe a. in den Gefäßen I. Größe vom 4. bis 8. October.

Die Beschränkung im Raume hatte also auch hier eine entschiedene und bedeutende Verkürzung der Vegetationszeit zur Folge.

Lauf- Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte									
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen Körner	Körner		Stroh und Spreu	in Sa.								
						mg	mg	mg								
Versuchsreihe a. — Gefäße I. Größe.																
360.	a.	15	—	69,69	54,50	110,108	14 820	18 338	33 158							
				63,72	56,62	105,104										
				66,63	56,53	106,105										
				60,57	55,46	100,100										
				63,51	49,32	96,83										
				57,51	41,23	94,88										
				48,39	24,19	88,85										
				39	17	77										
				Sa. 15	—	867				636	1449	14 820	18 338	33 158		
				361.	a.	8				—	66,60	56,50	98,95	8 304	9 067	17 371
63,39	50,27	94,90														
51,48	41,37	86,86														
45,42	36,19	84,59														
54,54	49,50	98,98														
b.	6	—	54,57		51,49	95,88	6 815	7 126	13 941							
			48,42		42,20	94,98										
			Sa. 14		—	723				577	1263	15 119	16 193	31 312		
			362.		a.	8				1	63,63	60,57	101,101	7 104	8 931	16 035
											60,60	53,52	101,99			
54,54	43,43	95,95														
42,6	29,1	94,32														
57,60	52,54	102,96														
b.	7	—		63,54	50,48	96,94	6 678	7 256	19 934							
				60,39	49,18	85,76										
				30	16	76										
				c.*)	—	8				—	—	—	1 255	1 255		
				Sa. 15	9	765				625	1343	13 782	17 442	31 224		
363.	a.	7	1	63,57	50,48	106,90	5 344	6 574	11 918							
				48,45	41,36	85,84										
				42,42	36,33	85,77										
				15	5	52										
				54,51	48,43	92,82										
	b.	5	1	51,24	42,6	82,68	3 521	4 325	7 846							
				15	7	46										
				63,66	61,58	99,91										
				60,54	48,51	88,88										
				36	7	72										
c.	5	2	51,54	47,44	89,88	3 788	4 015	7 803								
			48,45	37,39	78,75											
			Sa. 21	4	984				787	1717	18 786	20 713	39 499			

*) War von Jugend auf krank, wahrscheinlich von einem Pilze besetzt. Die Blätter hatten braune Längsstreifen, in denen das Chlorophyll und der übrige Zelleninhalt zerstört war und verkrüppelten; zu einer Halmbildung kam es nicht, obgleich die Pflanze bis September lebte.

Lauf- Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Körner		Körner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg
364.	a.	5	1	54, 48 48, 33 18	43, 41 36, 23 2	97, 88 77, 65 50	3 373	3 873	7 246
	b.	4	—	51, 48 45, 42	43, 36 26, 33	93, 92 90, 68	3 508	3 622	7 130
	c.	4	1	54, 48 45, 42	45, 35 34, 31	93, 87 87, 78	3 861	3 788	7 649
	d.	3	—	48, 36 36	39, 31 25	89, 71 79	1 978	2 207	4 185
	e.	4	2	51, 54 48, 48	44, 40 37, 38	102, 87 83, 83	3 604	4 193	7 797
	f.	4	—	45, 42 39, 27	40, 26 18, 13	90, 81 66, 46	2 209	2 718	4 927
Sa.		24	4	1050	779	1942	18 533	20 401	38 934
365.	a.	4	—	36, 36 42, 30	34, 32 33, 19	100, 90 84, 77	3 098	3 215	6 313
	b.	4	—	48, 39 33, 33	42, 33 25, 24	96, 77 78, 79	2 626	2 799	5 425
	c.	3	—	45, 36 36	33, 27 22	94, 74 77	1 918	1 866	3 784
	d.	3	1	48, 51 42	38, 37 34	95, 76 66	2 274	2 490	4 764
	e.	4	—	48, 39 39, 30	41, 31 30, 19	91, 84 68, 57	2 159	2 573	4 732
	f.	3	—	45, 42 39	38, 33 32	98, 88 86	2 342	2 459	4 801
	g.	4	—	45, 39 39, 36	38, 32 31, 27	89, 86 84, 83	3 050	3 203	6 253
	h.	4	—	42, 48 42, 42	33, 32 35, 31	87, 87 81, 83	2 758	2 935	5 743
Sa.		29	1	1170	916	2415	20 225	21 590	41 815
366.	a.	4	—	45, 42 45, 36	39, 38 37, 25	100, 94 89, 66	3 114	3 384	6 498
	b.	2	—	48, 36	41, 27	98, 66	1 545	1 613	3 158
	c.	3	—	48, 42 48	41, 27 33	93, 80 76	2 613	2 335	4 998
	d.	2	—	45, 30	41, 23	101, 65	1 477	1 345	2 822
	e.	3	1	48, 33 36	42, 27 28	104, 83 68	2 040	2 278	4 318
	f.	2	—	45, 39	38, 31	94, 81	1 777	1 597	3 374
	g.	2	—	45, 39	41, 28	93, 80	1 528	1 558	3 086
	h.	2	—	48, 42	43, 29	103, 86	1 655	1 826	3 481
	i.	2	1	51, 39	43, 28	98, 77	1 549	1 615	3 164
	k.	2	—	42, 39	34, 29	90, 86	1 323	1 327	2 650
	l.	1	—	45	40	94	1 013	868	1 881
m.	1	—	45	42	95	1 173	952	2 125	
Sa.		26	2	1101	895	2242	20 807	30 748	41 555

Lauf. Ver- suchs- Nro.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Körner		Körner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg
	a.	2	—	54, 24	44, 12	95, 65	1 515	1 662	3 177
	b.	2	—	36, 24	28, 15	81, 59	956	1 058	2 014
	c.	2	—	51, 36	42, 15	100, 71	1 579	1 572	3 151
	d.	2	—	48, 33	34, 17	92, 76	1 298	1 513	2 811
	e.	1	1	45	38	89	1 193	1 233	2 426
	f.	1	—	33	29	91	894	849	1 743
	g.	1	—	48	39	94	1 128	1 024	2 152
367.	h.	2	—	30, 30	22, 19	70, 69	924	1 033	1 957
	i.	2	1	48, 33	38, 21	96, 63	1 259	1 239	2 498
	k.	1	1	39	33	98	1 119	911	2 030
	l.	2	—	48, 33	38, 25	99, 79	1 334	1 536	2 870
	m.	2	1	54, 39	42, 37	104, 97	2 587	2 451	5 038
	n.	1	1	51	46	102	1 351	1 223	2 574
	o.	1	1	48	32	101	1 213	1 186	2 399
	p.	1	1	48	38	97	1 010	1 037	2 047
	q.	1	1	45	35	97	1 136	1 158	2 294
	Sa.	24	8	978	739	2085	20 496	20 685	41 181
	a.	2	1	45, 27	36, 16	95, 66	1 041	1 270	2 311
	b.	1	3	45	36	89	1 074	1 028	2 102
	c.	2	—	48, 15	38, 8	91, 42	1 132	1 133	2 315
	d.	1	—	42	37	86	891	835	1 726
	e.	1	—	45	38	90	1 010	885	1 895
	f.	1	—	42	34	88	852	768	1 620
	g.	1	—	42	27	86	702	705	1 407
	h.	1	—	36	32	89	890	816	1 706
	i.	1	—	48	40	92	1 200	1 106	2 306
	k.	1	—	42	34	87	915	728	1 643
	l.	1	—	45	35	93	899	855	1 754
	m.	2	1	45, 18	38, 7	72, 53	895	1 091	1 986
368.	n.	1	—	45	35	88	803	791	1 594
	o.	1	—	30	25	89	715	681	1 396
	p.	2	—	51, 21	43, 14	96, 44	1 147	1 169	2 316
	q.	1	—	27	22	83	517	505	1 022
	r.	1	—	42	33	91	860	859	1 719
	s.	1	1	36	28	75	630	576	1 206
	t.	1	—	48	40	97	1 088	959	2 047
	u.	1	—	42	35	92	971	861	1 832
	v.	1	—	24	20	83	507	522	1 029
	w.	1	—	42	39	94	1 091	1 072	2 163
	x.	1	—	30	25	78	539	654	1 193
	z.	1	—	39	29	82	653	713	1 366
	Sa.	28	6	1062	844	2311	21 072	20 582	41 654

Lauf- Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte			
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Körner		Körner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg	
Versuchsreihe b. — Gefäße II. Gröfse.										
369.	a.	7	2	60,57	58,43	99,98	9 105	8 163	17 268	
				57,60	52,55	89,87				
				54,45	35,28	71,64				
				48	25	55				
		Sa. 7	2	381	296	563	9 105	8 163	17 268	
370.	a.	5	—	51,51	44,38	95,87	4 898	4 533	9 431	
				51,45	39,31	82,81				
					33	0	51			
	b.	5	—	—	57,51	52,37	103,91	5 232	5 023	10 255
45,45					36,35	86,83				
				36	0	64				
		Sa. 10	—	465	312	823	10 130	9 556	19 686	
371.	a.	4	—	57,48	52,33	91,85	4 071	3 341	7 412	
				45,45	33,33	65,60				
	b.	4	1	—	48,39	40,29	88,85	2 882	2 878	5 760
					39,30	27,22	74,62			
	c.	3	1	54,48	48,38	98,87	3 688	3 002	6 690	
48				37	71					
		Sa. 11	2	453	392	866	10 641	9 221	19 862	
372.	a.	4	—	45,39	40,31	84,82	3 542	2 755	6 297	
				36,27	22, 6	75,45				
	b.	3	—	—	42,27	34,18	87,77	1 890	1 670	3 560
					21	2	45			
	c.	3	—	54,36	47,19	99,61	2 382	2 335	4 717	
27				11	60					
	d.	3	1	54,36	42,27	87,72	3 146	2 699	5 845	
36				25	68					
		Sa. 13	1	480	324	942	10 960	9 459	20 419	
373.	a.	3	1	48,39	41,24	92,68	2 612	2 378	4 990	
				30	11	67				
	b.	2	1	—	48,24	40,21	89,67	2 058	1 668	3 726
					54,42	50,33	80,72			
		c.	3	2	12	5	36	2 687	2 001	4 688
48,42	44,31				84,75					
	d.	3	1	27	19	54	3 212	2 302	5 514	
45,36				41,23	85,65					
		Sa. 13	6	507	333	934	12 863	10 174	23 037	

Lauf. Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Körner		Körner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg
374.	a.	3	1	51,27 15	44,14 12	86,77 67	1 593	1 785	3 378
	b.	3	—	48,39 24	37,29 3	84,70 75	2 138	1 712	3 850
	c.	2	1	48,39	38,28	101,72	2 453	2 212	4 665
	d.	2	—	39,30	34,25	89,74	2 176	1 599	3 775
	e.	2	—	52,33	37 22	83,74	1 930	1 486	3 416
	f.	1	2	45	43	95	1 575	1 123	2 698
	Sa.	13	4	480	366	1 047	11 865	9 917	21 782
375.	a.	1	—	48	43	101	1 581	1 116	2 697
	b.	2	1	45,18	41, 5	90, 50	1 572	1 358	2 930
	c.	2	—	39,30	35,23	82,71	1 551	1 188	2 739
	d.	1	1	42	37	91	1 377	1 046	2 423
	e.	2	—	45,33	35,24	91,76	1 842	1 425	3 267
	f.	2	—	42,33	37 25	89,60	1 824	1 451	3 275
	g.	1	2	45	40	87	1 458	1 073	2 531
	h.	1	—	48	44	86	1 564	1 101	2 665
	Sa.	12	4	463	389	974	12 769	9 758	22 527
376.	a.	1	—	39	30	77	921	676	1 597
	b.	1	1	51	39	91	1 253	892	2 145
	c.	1	1	30	25	71	803	583	1 386
	d.	1	2	42	37	88	1 242	889	2 131
	e.	1	—	36	23	84	664	555	1 219
	f.	1	—	33	25	85	770	566	1 336
	g.	1	1	45	36	95	1 234	1 010	2 244
	h.	1	—	39	31	85	958	730	1 688
	i.	1	—	36	24	85	777	698	1 475
	k.	1	—	39	35	89	1 138	847	1 985
	l.	1	—	42	37	93	1 333	1 012	2 350
	m.	1	2	39	31	88	858	952	1 810
	Sa.	12	7	471	373	1031	11 956	9 410	21 366
377.	a.	1	—	33	25	84	726	555	1 281
	b.	1	—	33	26	85	784	670	1 454
	c.	1	—	33	27	87	822	689	1 511
	d.	1	—	36	29	89	874	683	1 557
	e.	1	—	36	30	82	747	682	1 429
	f.	1	1	36	27	82	796	688	1 484
	g.	1	1	36	23	80	716	663	1 379
	h.	1	—	24	17	72	438	424	862
	i.	1	—	39	30	87	889	739	1 628
	k.	1	1	36	26	71	709	602	1 311
	l.	1	1	36	24	90	830	763	1 593
	m.	1	1	36	26	79	711	627	1 338
	n.	1	—	36	24	80	746	651	1 397
	o.	1	1	39	24	83	822	738	1 560
	p.	1	—	33	25	83	840	730	1 570
q.	1	—	24	21	76	466	498	964	
	Sa.	16	6	546	404	1310	11 916	10 402	22 318

Lauf. Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Körner		Körner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg
378.	a.	1	—	27	19	84	623	663	1 286
	b.	1	—	27	22	74	559	477	1 036
	c.	1	—	21	17	68	561	475	1 036
	d.	1	—	18	10	70	291	326	617
	e.	1	—	27	19	83	518	565	1 083
	f.	1	—	27	20	75	573	507	1 080
	g.	1	—	24	17	78	479	427	906
	h.	1	—	21	18	66	512	426	938
	i.	1	—	27	19	89	539	612	1 151
	k.	1	—	27	20	83	579	541	1 120
	l.	1	—	27	21	76	598	584	1 182
	m.	1	—	30	21	73	499	489	988
	n.	1	—	27	18	83	555	538	1 093
	o.	1	—	21	18	80	524	439	963
	p.	1	—	24	18	72	469	427	896
	q.	1	—	18	15	72	412	349	761
	r.	1	2	30	22	80	541	580	1 121
	s.	1	1	24	15	82	473	571	1 044
	t.	1	—	27	20	74	408	467	875
	u.	1	—	24	18	86	520	499	1 019
	v.	1	—	27	22	83	600	606	1 206
w.	1	—	27	22	83	717	608	1 325	
x.	1	—	24	17	79	544	500	1 044	
z.	1	—	15	12	71	315	337	652	
Sa.		24	3	591	440	1864	12 409	12 013	24 422
379.	a.	9	1	54, 54	47, 48	103, 95	7 028	8 398	15 426
				54, 54	42, 37	92, 98			
				48, 48	34, 29	88, 81			
				33, 30	15, 5	60, 60			
				27	0	46			
Sa.		9	1	402	257	714	7 028	8 398	15 426
380.	a.	4	—	51, 48	40, 38	94, 89	4 316	4 008	8 369
				48, 42	40, 32	85, 83			
	b.	5	1	54, 54	46, 42	91, 94	4 944	4 912	9 856
				54, 48	43, 11	91, 75			
	Sa.		9	1	438	313	773	9 305	8 920	18 225
381.	a.	3	1	51, 51	47, 42	93, 84	2 620	2 966	5 586
				36	0	63			
	b.	3	—	51, 51	42, 38	88, 85	2 471	2 533	5 004
				36	11	61			
	c.	3	—	51, 45	46, 30	102, 77	2 803	2 727	5 530
39				30	75				
Sa.		9	1	411	286	733	7 894	8 226	16 120

Lauf- Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
		ähren- tragen- den Halme	unen- wickel- ten Triebe	Ähr- chen Körner	Körner		Stroh und Spreu mg	in Sa. mg	
382.	a.	3	—	48, 45 42	46, 36 29	105, 84 66	3 460	3 059	6 519
	b.	4	—	45, 39 30, 18	36, 29 24, 4	101, 79 72, 53	2 920	2 670	5 590
	c.	2	1	48, 45	43, 37	84, 83	2 468	1 869	4 337
	d.	2	1	45, 39	38, 29	77, 74	2 003	1 528	3 531
	Sa.	11	2	444	351	888	10 851	9 126	19 977
383.	a.	3	—	48, 33 ? Rufs	40, 27 0	87, 74 53	1 711	2 129	3 840
	b.	2	1	42, 21	37, 2	92, 50	1 296	1 253	2 549
	c.	2	1	48, 24	42, 0	92, 45	1 423	1 574	2 997
	d.	4	—	45, 36 33 Rufs	38, 28 28, 0	91, 73 65, 40	2 876	2 805	5 681
	e.	3	1	45, 39 39	39, 32 31	94, 81 71	2 768	2 635	5 403
Sa.	14	3	459	344	1008	10 074	10 396	20 470	
384.	a.	3	—	48, 33 24	35, 12 5	94, 62 57	1 507	1 827	3 334
	b.	1	1	45	43	101	1 546	1 202	2 748
	c.	2	1	42, 30	34, 3	95, 78	1 076	1 276	2 352
	d.	2	1	48, 21	35, 5	87, 65	1 138	1 143	2 286
	e.	2	1	45 Rufs	40, 0	94, 51	1 198	1 890	3 088
	f.	2	1	48, 42	40, 20	86, 70	1 764	1 622	3 386
Sa.	12	5	426	272	940	8 229	8 965	17 194	
385.	a.	2	—	42, 21	34, 9	100, 55	1 318	1 275	2 593
	b.	1	1	42	39	96	1 339	1 056	2 395
	c.	1	1	51	43	111	1 543	1 316	2 859
	d.	1	2	54	51	115	1 851	1 586	3 437
	e.	1	—	33	30	94	987	846	1 833
	f.	1	—	42	37	103	1 422	1 208	2 630
	g.	1	1	51	46	96	1 637	1 323	2 965
	h.	2	—	42, 5	35, 10	107, 56	1 548	1 431	2 979
Sa.	10	5	393	334	933	11 645	10 046	21 691	
386.	a.	1	—	39	33	99	1 066	883	1 949
	b.	1	—	39	31	95	1 021	894	1 915
	c.	1	—	42	24	100	1 112	901	2 013
	d.	1	—	33	28	94	874	774	1 648
	e.	1	—	33	24	85	861	775	1 636
	f.	1	—	33	27	88	808	699	1 507
	g.	1	—	45	37	97	1 284	1 051	2 335
	h.	1	—	36	32	92	918	755	1 673
	i.	1	—	33	29	100	1 091	953	2 044
	k.	1	—	36	30	98	1 021	843	1 864
	l.	1	—	33	30	93	872	766	1 638
	m.	1	1	36	5	95	175	1 142	1 317
Sa.	12	1	438	340	1136	11 103	10 436	21 539	

Lauf. Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte			
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Körner		Körner	Stroh und Spreu	in	Sa.
						mg	mg	mg	mg	
387.	a.	1	—	33	27	86	769	678	1 447	
	b.	1	—	39	27	90	835	756	1 591	
	c.	1	—	33	25	87	727	566	1 293	
	d.	1	—	27	20	88	615	579	1 194	
	e.	1	—	36	28	83	665	552	1 217	
	f.	1	—	33	27	89	816	704	1 520	
	g.	1	—	33	28	86	902	717	1 619	
	h.	1	—	39	29	85	817	692	1 509	
	i.	1	—	27	24	84	795	633	1 428	
	k.	1	—	27	20	77	552	514	1 066	
	l.	1	—	39	34	91	1 039	872	1 911	
	m.	1	—	30	22	80	646	593	1 239	
	n.	1	—	27	21	76	571	463	1 034	
	o.	1	2	33	29	89	1 018	826	1 844	
p.	1	—	33	28	84	791	690	1 481		
q.	1	—	39	32	83	938	723	1 661		
Sa.		16	2	528	421	1358	12 496	10 558	23 054	
388.	a.	1	—	24	19	79	517	452	969	
	b.	1	—	24	22	85	626	544	1 170	
	c.	1	—	33	27	85	683	570	1 253	
	d.	1	—	30	22	92	664	670	1 334	
	e.	1	—	21	16	85	435	470	905	
	f.	1	—	21	19	80	503	484	987	
	g.	1	—	21	20	74	530	452	982	
	h.	1	—	21	14	71	331	371	702	
	i.	1	—	27	22	90	607	583	1 190	
	k.	1	—	27	22	80	615	527	1 142	
	l.	1	—	27	20	89	547	525	1 072	
	m.	1	—	24	16	83	410	454	864	
	n.	1	—	27	21	74	474	501	975	
	o.	1	—	27	19	78	569	567	1 136	
	p.	1	—	21	15	74	423	460	883	
	q.	1	—	27	22	79	531	450	981	
	r.	1	—	15	13	75	329	332	661	
	s.	1	—	21	16	79	533	489	1 022	
t.	1	—	30	25	77	688	613	1 301		
u.	1	—	27	19	73	514	427	941		
v.	1	—	21	17	75	460	399	859		
w.	1	—	24	18	72	500	462	962		
x.	1	—	21	14	70	287	326	613		
z.	1	—	24	16	76	494	506	1 000		
Sa.		24	—	585	454	1895	12 270	11 634	23 904	

Lauf. Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Körner		Körner	Stroh und Spreu	in Sa.
Versuchsreihe c. — Gefäße III. Größe.									
389.	a.	6	2	51,48	41,34	86,60	4 054	3 647	7 701
				45,30	30,10	56,52			
				36,18	18,3	54,33			
		Sa. 6	2	228	136	341	4 054	3 647	7 701
390.	a.	3	1	51,21	45,6	90,47	1 751	2 424	4 139
				21	1	49			
	b.	3	1	48,48	42,33	96,58	2 930	2 268	5 198
				39	20	42			
		Sa. 6	2	228	147	382	4 645	4 692	9 337
391.	a.	3	—	42,24	29,5	81,45	1 333	1 289	2 622
				18	5	40			
	b.	3	—	45,21	33,1	85,43	1 322	1 347	2 669
					18	4	39		
	c.	2	1	45,33	37,16	83,46	1 789	1 455	3 244
		Sa. 8	1	246	130	462	4 444	4 091	8 535
392.	a.	2	1	45,30	31,16	86,50	1 466	1 328	2 794
				39,24	26,0	83,48			
	b.	3	—	15	7	44	1 022	1 352	2 374
					45,24	34,0	81,46		
	c.	3	—	18	0	36,	1 150	1 404	2 554
	d.	2	—	33,18	23,0	93,47	713	967	1 680
		Sa. 10	1	291	137	614	4 351	5 051	9 402
393.	a.	1	1	42	29	84	1 074	938	2 012
	b. *)	—	1	—	—	—	—	423	423
	c.	1	—	39	28	82	904	695	1 599
	d.	1	—	39	29	85	1 134	902	2 036
	e.	1	—	30	24	70	804	613	1 417
	f.	1	—	27	22	77	582	479	1 061
		Sa. 5	2	177	132	398	4 498	4 050	8 548
394.	a.	1	—	24	12	64	490	546	1 036
	b.	1	—	27	20	74	629	610	1 239
	c.	1	—	30	23	76	660	516	1 176
	d.	1	—	30	21	75	587	528	1 115
	e.	1	—	30	24	72	655	555	1 210
	f.	1	—	33	25	73	821	664	1 485
	g.	1	—	36	26	73	769	645	1 414
	h.	1	1	36	21	66	705	645	1 350
		Sa. 8	1	246	172	573	5 316	4 709	10 025

*) Die Pflanze b. der Nro. 393 litt an derselben Krankheit, wie die Pflanze c. der Nro. 362.

Lauf- Ver- suchs- Nr.	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
		ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Körner		Körner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg
395.	a.	3	1	51,36 24	42, 0 0	85,59 39	1 409	1 798	3 207
	b.	3	1	48,39 27	40,24 12	94,71 56	2 393	2 199	4 592
	Sa. 6	2	225	118	404	3 802	3 997	7 799	
366.	a.	2	1	30,24	17,10	69,46	829	897	1 726
	b.	3	1	39,12 9	25, 2 0	69,52 41	937	1 186	2 123
	c.	1	—	42	30	82	1 022	952	1 974
	d.	2	2	45,15	34, 0	81,47	1 243	1 260	2 503
Sa. 8	4	216	118	487	4 031	4 295	8 326		
397.	a.	1	1	33	20	69	660	657	1 317
	b.	1	1	33	24	64	727	587	1 314
	c.	1	—	30	19	67	609	525	1 134
	d.	1	—	24	18	61	459	449	908
	e.	1	—	33	23	79	774	655	1 429
	f.	1	—	27	14	70	479	526	1 005
	g.	1	—	30	18	67	597	498	1 095
	h.	1	1	33	20	67	787	700	1 487
Sa. 8	3	243	156	544	5 092	4 597	9 689		

Eine Berechnung des Durchschnittsgewichtes der in den Versuchen geernteten Körner und des relativen Verhältnisses, in welchem in der Gesamternte Stroh und Körner zu einander standen, wird noch ein weiteres Urteil darüber erlauben, in wie weit unsere Pflanzen auch nach dieser Richtung normal ausgebildet waren.

Wir lassen eine solche hier sofort und um so lieber folgen, weil sich auch hierin manche nicht uninteressante Beziehung, die nur auf den Einfluss eines mehr oder minder beschränkten Bodenraumes zurückzuführen ist, klar erkennen läßt.

Es waren geerntet worden:

Von der Ver- suchs- num- mer	Körner Zahl	Trockensubstanz			Ein Korn wog also im Durch- schnitt mg	Relatives Verhältnis	
		in den Körnern mg	in Stroh und Spreu mg	im Gesamten mg		Sa. der Ernte = 100 gesetzt	
						Körner :	Stroh u. Spreu

Versuchsreihe a., Gefäße I. Größe.

360.	636	14 820	18 338	33 158	23	44,7	: 55,3
361.	577	15 119	16 193	31 312	26	48,3	: 51,7
362.	625	13 782	17 442	31 224	22	44,1	: 55,9
363.	787	18 786	20 713	39 499	24	47,6	: 52,4
364.	779	18 533	20 401	38 934	24	47,6	: 52,4
365.	916	20 225	21 590	41 815	22	48,4	: 51,6
366.	895	20 807	20 748	41 555	23	50,1	: 49,9
367.	739	20 496	20 685	41 181	28	49,8	: 50,2
368.	844	21 072	20 582	41 654	25	50,6	: 49,4

Versuchsreihe b., Gefäße II. Größe.

369.	296	9 105	8 163	17 268	31	52,7	: 47,3
370.	312	10 130	9 556	19 686	32	51,5	: 48,5
371.	392	10 641	9 221	19 862	27	53,6	: 46,4
372.	324	10 960	9 459	20 419	34	53,7	: 46,3
373.	333	12 863	10 174	23 037	34	55,8	: 44,2
374.	366	11 865	9 917	21 782	32	54,5	: 45,5
375.	389	12 769	9 758	22 527	33	56,8	: 43,2
376.	373	11 956	9 410	21 366	29	56,0	: 44,0
377.	404	11 916	10 402	22 318	29	53,4	: 46,6
378.	440	12 409	12 013	24 422	28	50,8	: 49,2
379.	257	7 028	8 398	15 426	27	45,6	: 54,4
380.	313	9 305	8 920	18 225	30	51,1	: 48,9
381.	286	7 894	8 226	16 120	28	49,0	: 51,0
382.	351	10 851	9 126	19 977	31	54,3	: 45,7
383.	344	10 074	10 396	20 470	29	49,2	: 50,8
384.	272	8 229	8 965	17 194	30	47,8	: 52,2
385.	334	11 645	10 046	21 691	35	53,7	: 46,3
386.	340	11 103	10 436	21 539	33	51,6	: 48,4
387.	421	12 496	10 558	23 054	30	54,2	: 45,8
388.	454	12 270	11 634	23 904	27	51,3	: 48,7

Versuchsreihe c., Gefäße III. Größe.

389.	136	4 054	3 647	7 701	30	52,6	: 47,4
390.	147	4 645	4 692	9 337	32	49,7	: 50,3
391.	130	4 444	4 091	8 535	34	52,1	: 47,9
392.	137	4 351	5 051	9 402	32	46,3	: 53,7
393.	132	4 498	4 050	8 548	34	52,6	: 47,4
394.	172	5 316	4 709	10 025	31	53,0	: 47,0
395.	118	3 802	3 997	7 799	32	48,7	: 51,3
396.	118	4 031	4 295	8 326	34	48,4	: 51,6
397.	156	5,092	4 597	9 689	33	52,6	: 47,4

Die Versuche bestätigen nach allen Richtungen die in dem vorigen Abschnitte gezogenen Schlußfolgerungen.

Der Einfluß, den die Beschränkung des Bodenvolumens — mag dieselbe durch Wahl kleiner Kulturgefäße oder durch dichte Aussaat bewirkt werden — auf die Entwicklung der ganzen Pflanze hat, tritt überall auf das Deutlichste hervor.

Geradezu bewundernswert erweist sich die Dehnbarkeit der Größengrenzen, innerhalb deren ein Pflanzen-Individuum sich normal auszubilden vermag. Die einzelne Pflanze Nro. 360, der ein ungewöhnlich großes Bodenvolumen zur Verfügung gestellt war, zeigte, man möchte fast sagen, ein unbegrenztes Wachstum; sie trieb Halm auf Halm und brachte noch, als schon die erstgeborenen Ähren zu reifen begannen, junge grüne Stengelsprossen hervor, deren Weiterentwicklung erst die vorgerückte Jahreszeit und das Erntemesser ein Ziel setzte. Und anderseits bildeten sich die in Nro. 378 zusammengedrängten 24 Individuen, denen in Summa nicht mehr als 5 kg Boden mit 176 qcm Oberfläche zu Gebote standen, zu zwar kleinen, aber wie ihre ganze Vegetationsgeschichte und die Verhältnisse der von ihnen produzierten Erntemasse beweisen, durchaus gesunden und nicht minder normalen Gerstenpflanzen aus.

Das vorstehende Experiment beweist, daß man es ganz in der Hand hat, durch beliebige Beschränkung des Bodenvolumens die durchschnittliche Größe willkürlich vorher zu bestimmen, welche die Versuchspflanzen erreichen sollen.

Weiter ergibt sich aus den Resultaten, daß Pflanzen, denen ein ungewöhnlich großes Bodenvolumen gewährt wird, einen gewissen Luxus damit treiben. Erst bei der bis zu einem bestimmten Grade getriebenen Beschränkung beginnt die volle Ausnutzung des Raumes.

Wenn man in unseren Ernteresultaten die durch Rost und Brand herbeigeführten Störungen gebührend in Rücksicht zieht, so findet man in denselben den Punkt, bei dem die höchste Raumausnutzung eintritt, wie wir meinen, ziemlich scharf ausgedrückt.

Wir wiederholen, daß an trockner Erntemasse lieferten:

Versuchs- nummer	Anzahl der Pflanzen	Trockne Ernte mg	Bemerkung
Versuchsreihe a. Gefäße I. Gröfse.			
360.	1	33 158	
361.	2	31 312	starker Rost
362.	3	31 224	eine Pflanze verdorben
363.	4	39 499	
364.	6	38 934	
365.	8	41 815	
366.	12	41 555	
367.	16	41 181	
368.	24	41 654	
Versuchsreihe b. Gefäße II. Gröfsc.			
369.	1	17 268	
370.	2	19 686	
371.	3	19 862	
372.	4	20 419	
373.	5	23 037	
374.	6	21 782	Rost
375.	8	22 527	Rost
376.	12	21 366	Rost
377.	16	22 318	Rost
378.	24	24 422	
379.	1	15 426	
380.	2	18 225	
381.	3	16 120	starker Rost
382.	4	19 977	
383.	5	20 470	zwei Ähren Brand
384.	6	17 194	starker Rost und eine Ähre Brand
385.	8	21 691	Rost
386.	12	21 539	Rost
387.	16	23 054	
388.	24	23 904	
Versuchsreihe c. Gefäße III. Gröfse.			
389.	1	7 701	Rost
390.	2	9 337	
391.	3	8 535	Rost
392.	4	9 402	
393.	6	8 548	eine Pflanze verdorben
394.	8	10 025	
395.	2	7 799	starker Rost
396.	4	8 326	Rost
397.	8	9 689	

In allen drei Reihen zeichnet sich mit hinreichender Deutlichkeit eine Grenzlinie ab, unterhalb welcher der Ertrag parallel der abnehmenden Pflanzenzahl merklich sinkt, oberhalb deren aber der Ertrag durch Vergrößerung der Pflanzenzahl nicht mehr merklich gesteigert wird.

Diese Linie liegt

in Versuchsreihe a.	zwischen den beiden Gefäßen mit 6 und 8 Pflanzen
„ „ b.	„ „ „ „ 4 „ 5 „
„ „ c.	„ „ „ „ 1 „ 2 „

und zeigt offenbar an, daß das Bodenvolumen, welches die Gefäße erster Größe boten, durch acht Pflanzen ebenso vollständig, wie durch 24, nicht aber durch weniger ausgenutzt wurde, und daß in den Gefäßen zweiter Größe fünf, in der dritter schon zwei Pflanzen ebensogut wie acht, resp. 16 oder 24 Pflanzen genügten, um eine volle Ausnutzung des Raumes zu bewirken.

Erinnert man sich daran, daß die Gefäße erster Größe 12,5, die zweiter Größe 5 und die dritter Größe zirka 1,7 kg trocknen Boden enthielten, so wird man schließen dürfen, daß im Allgemeinen eine einzelne Gerstenpflanze genügte, um eine volle Ausnutzung des Raumes, den 1 kg unseres Gartenbodens für die Entfaltung der Wurzeln bot, gewährleistete.

Da aber, wie erwähnt, die Produktion unserer Versuchspflanzen in dem vorliegenden Falle durch partiellen Wassermangel gedrückt wurde, so wird man schließen müssen, daß eine Gerstenpflanze unter durchweg günstigen Vegetationsbedingungen auch noch ein größeres Bodenvolumen voll zu verwerten vermag; und für die Richtigkeit dieser Annahme wird man aus den im vorigen Kapitel besprochenen Versuchen direkte Beläge unschwer herausfinden.

Wir nahmen in der Folge bei unseren Ernährungsversuchen mit den Getreidearten immer je zwei oder drei Pflanzen-Individuen auf je 1 kg Sand und hatten alle Ursache, damit zufrieden zu sein.

Sechstes Kapitel.

Entwicklung der Wurzeln bei verschieden tiefer Aussaat.

Nachdem das bei Kulturversuchen benutzte Bodenvolumen für uns eine so hohe Bedeutung gewonnen hatte, konnte die Wirkung einer verschieden tiefen Aussaat auf die Entwicklung der Wurzeln uns auch nicht mehr gleichgültig bleiben.

Das natürliche Bestreben der Wurzeln ist es, nach abwärts zu wachsen, zwar verlaufen die Nebenwurzeln streckenweise auch horizontal, einzelne steigen wohl auch ausnahmsweise einmal nach aufwärts, die Hauptrichtung des Wurzelwachstums bleibt aber immer von der Stengelbasis an nach unten gewendet und der Bodenraum unmittelbar unter der Oberfläche bis zu der Tiefe, in welche das Saatkorn gelegt wurde, in welcher sich mithin die Stengelbasis der wachsenden Pflanze befindet, bleibt verhältnismäßig arm an Wurzeln.

Ob dieser Raum 1 oder 4 cm Höhe hat, ist im freien Felde offenbar ganz gleichgültig, bei Kulturversuchen in kleinen, niedrigen Gefäßen aber gewinnt die Sache ihre Wichtigkeit.

Nun ist zwar bekannt, daß die Gramineen ein eigentümliches Hilfsmittel haben, ihr Wurzelwerk auch dann bis nahe zur Bodenoberfläche hinauf zu treiben, wenn ihr Samenkorn in eine für sie abnorme Bodentiefe gelangt. Dies Hilfsmittel besteht darin, daß die Pflanze das Vermögen besitzt, einerseits ihre beiden untersten Stengelinternodien, die in der Regel unter dem Boden bleiben, nach Bedarf kurz zu entwickeln oder bis zu ansehnlicher Länge zu strecken, und anderseits aus den Halmknoten leicht Adventivwurzeln zu treiben. (Wenn ein Getreidesame flach in den Boden gebracht wird, so bleiben die ersten beiden Halmknoten kurz übereinander innerhalb der Scheide des ältesten Blattes sitzen, legt man den Samen tief, so dehnt die junge Pflanze das zwischen der Stengelbasis und dem ersten Knoten gelegene Halmstück auf 1 bis 2 cm, das zwischen dem ersten und zweiten gelegene sogar auf mehrere Centimeter in die Länge und

entwickelt aus den diese Stücke begrenzenden Knoten so gut Wurzeln, wie an dem Stammende.)

Es bleibt aber die Frage noch offen, ob dieses Hilfsmittel geeignet ist, der Pflanze für ihre weitere Vegetation einen vollen Ersatz zu bieten und ob dieser Kampf um das Dasein in der Jugendzeit vollkommen einflusslos bleibt auf die spätere Entwicklung und den Ernteertrag der Pflanze oder nicht.

Zur Erledigung der Frage wurden im Jahre 1864 acht Glasgefäße mittlerer Größe mit Gartenboden gefüllt — 5 kg trocken gerechnet pro Kulturgefäß — und mit kleiner Gerste besät.

Spezifisches Gewicht der Saatkörner zwischen 1,18 und 1,21 = 1,95. Absolutes Gewicht 28 bis 32, im Durchschnitt 30 mg pro Korn.

Die Samen wurden am 27. Mai zwischen feuchtes Fließpapier gebracht und am 30. Mai mit durchgebrochenem Würzelchen in den Boden gelegt und zwar

in den Versuchsnummern	398 und 399	1/2 cm tief
„ „	400 „ 401	2 „ „
„ „	402 „ 403	4 „ „
„ „	404 „ 405	6 „ „

Von einem Teile der ganz flach gelegten Körner erschien der Stengelkeim schon am folgenden Tage über der Erde. Bei den übrigen verlangsamte sich das Aufgehen um so mehr, je tiefer sie gelegt worden waren.

Es liefen auf die Pflanzen:

In Versuchsnummer	Tiefe der Aussaat	Datum
Nro. 398.	0,5 cm	31. Mai bis 1. Juni
„ 399.	0,5 „	31. Mai bis 1. Juni
„ 400.	2 „	1. bis 2. Juni
„ 401.	2 „	1. bis 2. Juni
„ 402.	4 „	2. bis 3. Juni
„ 403.	4 „	3. Juni
„ 404.	6 „	3. bis 4. Juni
„ 405.	6 „	3. bis 5. Juni

In jedes Gefäß waren fünf Samen eingesät worden und keiner blieb aus. Die jungen Blattkeime erschienen ausnahmslos (auch in den Gefäßen tiefster Aussaat) gesund und begannen bald kräftig zu vegetieren.

Daß das Keimen auch der 6 cm tief eingelegten Samen so anstandslos und glücklich verlief, schreiben wir hauptsächlich dem Um-

stande zu, daß wir den Boden bis nach dem Aufgehen der Saat nur sehr mälsig feucht und damit locker erhielten.

Während der Vegetation der Versuchspflanzen erhielten die Gefäße auf dem Vegetationswagen Aufstellung und damit normale Licht- und Wärmeverhältnisse. Die Bodenfeuchtigkeit wurde anfänglich zwischen 24 und 12 Proz. der wasserfassenden Kraft des Gartenbodens erhalten, als sich aber zeigte, daß dies bei heißen Tagen ungenügend sei, von Anfang Juli an, wie in den Versuchsreihen des vorigen Abschnitts auf 30 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens erhöht.

Bei der Entwicklung der Pflanzen zeigte sich sehr bald, daß die Saattiefe von $\frac{1}{2}$ cm zu unbrauchbaren Resultaten führte. Als die so flach in den Boden gestellten Pflanzen einige Blätter gebildet hatten und dem Winde eine größere Angriffsfläche boten, wurden sie von jedem Luftzuge hin und her geworfen und verloren jeden Halt im Boden. Es dauerte nicht lange, so waren die Stengelbasis und selbst die obersten Teile der Wurzeln in Folge des häufigen Rüttelns und Schüttelns von ihrer dünnen Bodendecke entblößt und die Pflanzen standen nicht mehr, sondern lagen hülflos auf der Erde. Ein nachträgliches Aufbinden der Pflanzen an daneben gesteckten Glasstäben vermochte dem Übel nicht mehr abzuhelfen und so mußten die Nummern 398 und 399 als Mißlungen aus der Versuchsreihe ausgeschieden werden.

In den anderen sechs Kulturgefäßen verlief die Vegetation ohne Störung und in jeder Beziehung glücklich. Mit dem Auge war in der Entwicklung der verschieden tief eingesäeten Pflanzen nie und nirgends ein Unterschid zu entdecken. Anfangs September wurde die Gerste reif und wurde am 6. dieses Monats geerntet.

Die Messung und Wägung der erzeugten Pflanzensubstanz lieferte die folgenden speziellen Ergebnisse:

Lauf- Ver- suchs- num- mer	Tiefe der Aus- saat cm	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
			ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Kör- ner		Kör- ner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg
400.	2	a.	4	1	39,39 39,36	21,30 32,23	91,83 66,66	3 433	2 969	6 402
		b.	2	1	39,42	33,31	94,88	1 872	1 802	3 674
		c.	5	1	48,30 18,30 18	42,7 4,0 0	90,62 57,45 44	1 685	2 325	4 010
		d.	3	—	48,39 36	41,28 28	85,77 77	2 930	2 401	5 331
		e.	2	—	39,42	36,30	86,75	1 896	1 573	3 469
		Sa. 16			3	576	386	1186	11 816	11 070	22 886
401.	2	a.	3	1	48,42 27	36,28 15	86,76 57	2 547	2 275	4 822
		b.	3	1	36,48 36	33,36 25	96,83 70	2 811	2 540	5 351
		c.	2	1	48,48	36,36	94,82	2 298	1 949	4 247
		d.	2	2	45,51	39,42	98,90	2 904	2 426	5 330
		e.	3	1	42,36 24	30,25 21	92,97 66	3 017	2 496	5 513
		Sa. 13			6	531	402	1069	13 577	11 686	25 263
402.	4	a.	3	1	48,36 42	44,23 34	98,71 72	2 883	2 636	5 519
		b.	3	0	48,45 21	42,38 4	100,87 50	3 031	2 657	5 688
		c.	2	2	54,36	46,25	91,70	2 129	1 907	4 036
		d.	3	1	54,36 27	49,28 9	91,71 53	2 408	2 184	4 592
		e.	4	—	48,33 27,21	38,25 19, 0	90,72 70,44	2 407	2 393	4 800
		Sa. 15			4	576	424	1130	12 858	11 777	24 635
403.	4	a.	3	1	51,42 27	44,31 14	99,78 52	3 210	2 636	5 846
		b.	4	—	54,48 39,27	45,33 27,15	84,75 72,48	3 419	2 872	6 291
		c.	2	—	48,39	39,28	88,76	2 164	1 800	3 964
		d.	2	—	48,45	40,32	92,80	2 396	1 938	4 334
		e.	2	—	39,27	36,15	86,58	1 677	1 311	2 988
		Sa. 13			1	534	399	988	12 866	10 557	23 423

Lauf. Versuchs- num- mer	Tiefe der Aus- saat cm	Pflanze Nro.	Anzahl der				Länge der Halme cm	Trockengewicht der Ernte		
			ähren- tragen- den Halme	unent- wickel- ten Triebe	Ähr- chen	Kör- ner		Kör- ner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg
404.	6	a.	3	—	30,48 24	19,38 10	86,84 63	2 147	217 2	4 319
		b.	2	—	48,33	34,23	90,64	1 907	1 677	3 584
		c.	2	2	54,33	54,21	97,70	2 579	2 343	4 922
		d.	2	2	51,30	46,15	94,71	2 232	2 024	4 256
		e.	3	—	51,42 24	43,34 7	112,85 54	3 037	2 809	5 846
		Sa.	12	4	468	344	970	11 902	11 025	22 927
405.	6	a.	3	—	54,42 36	44,30 13	84,62 52	2 865	2 265	5 130
		b.	3	1	54,33 24	37,26 15	85,79 61	2 346	2 132	4 478
		c.	3	—	57,45 24	46,34 3	95,70 46	2 839	2 468	5 307
		d.	3	—	54,42 36	46,33 21	88,67 61	3 340	2 601	5 941
		e.	2	—	36,39	33, 5	85,58	1 656	1 767	3 423
		Sa.	14	1	576	386	993	13 046	11 233	24 279

Diese Daten beweisen mit Bestimmtheit, daß ein Unterschied in der Entwicklung und dem Ertrage der einzelnen Nummern in dieser Versuchsreihe nicht stattfand, und daß mithin die Ausnutzung auch eines beschränkten Bodenvolumens durch eine tiefe Aussaat, wenigstens bei den Gramineen in keiner Weise beeinträchtigt wird. Denn es lieferten, übersichtlicher zusammengestellt:

Versuchs- nummer	Tiefe der Aus- saat cm	Ertrag an Trockensubstanz			Je ein Korn wog trocken im Durch- schnitt mg	Relatives Verhältnis Sa. der Ernte = 100 gesetzt	
		in den Kör- nern mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg		Körner	Stroh und Spreu
400	2	11 816	11 070	22 886	31	51,6	48,4
401	2	13 577	11 686	25 263	34	53,7	46,3
im Mittel	2	12 697	11 378	24 075	33	52,7	47,3
402	4	12 858	11 777	24 635	30	52,2	47,8
403	4	12 866	10 557	23 423	32	54,9	45,1
im Mittel	4	12 862	11 167	24 029	31	53,6	46,4
404	6	11 902	11 025	22 927	35	51,9	48,1
405	6	13 046	11 233	24 279	34	53,7	46,3
im Mittel	6	12 474	11 129	23 603	35	52,8	47,2

Eine befriedigende Erklärung für diese Resultate ergab die genaue Besichtigung des ausgewaschenen Wurzelnetzes.

In den beiden Gefäßen Nro. 400 und 401 mit 2 cm tiefer Aussaat waren die beiden untersten Stengelglieder ganz kurz geblieben und die ursprünglichen Haupt- und Nebenwurzeln hatten sich normal und kräftig in reicher Gliederung entwickelt. Adventivwurzeln waren, soviel sich bei der Ernte noch entscheiden liefs, gar nicht gebildet.

In den Gefäßen Nro. 203 und 204 (Aussaat 4 cm tief) war nur das erste Stengelglied kurz geblieben, während das zweite sich $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm lang gestreckt hatte. Aus dem zweiten Halmknoten hatten sich Adventivwurzeln in ziemlicher Anzahl entwickelt, die sich mehrfach verzweigten und in den obersten Bodenregionen verbreiteten.

Ein besonders interessantes Bild bot der unterste Teil der Pflanzen in den Gefäßnummern 404 und 405 mit 6 cm tiefer Aussaat.

Hier hatten sich die beiden untersten Stengelinternodien ansehnlich in die Länge gedehnt und zwar das erste durchschnittlich auf etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$, das zweite sogar auf 2 bis 3 cm. Die ursprünglichen Wurzeln waren in der Regel nur zwerghaft entwickelt, dafür aber hatte schon der erste Halmknoten ein reicheres Geflecht von Adventivwurzeln getrieben, noch mehr aber der zweite. Dieses aus dem zweiten Halmknoten entspringende Wurzelnetz hatte offenbar die Hauptrolle bei der Ernährung übernommen und eine Ausdehnung erlangt, wie man sie unter normalen Verhältnissen an dem Hauptwurzelnetz beobachtet; es machte bei weitem den grössten Teil der ganzen Wurzelmasse aus. Ebenso wie die ursprüngliche Hauptwurzel waren die beiden untersten Internodien des Stengels in ihrer Ausbildung vernachlässigt, sie waren grösstenteils fadendünn geblieben, einzelne bei der Ernte schon fast vollständig in Zersetzung übergegangen, während mit dem zweiten Halmknoten der Stengel mit einem Sprunge und ganz unvermittelt seine volle normale Stärke annahm. Man empfing von dem Ganzen den Eindruck, als ob die Pflanzen ihren untersten Körperteil nur dazu benutzt hätten, um sich durch unnatürliche Streckung desselben rasch auf eine ihnen zuzusagende Höhe im Boden zu heben, und als ob sie denselben, nachdem dieser Zweck erreicht war, als ferner entbehrlich verlassen hätten, um nun nach Ausbildung frischer Wurzeln unter normalen Verhältnissen als neue Individuen weiter zu wachsen.

Unsere Besorgnis, daß auch die Tiefe der Aussaat einen be-

merkenswerten Einfluß auf die Ausbildung der Gewächse üben könne, war hierdurch gänzlich gehoben.

Wenn wir trotzdem in der Folge bei unseren Kulturversuchen mit Cerealien eine Saattiefe von $2\frac{1}{2}$ cm allezeit streng festhielten, so leitete uns dabei erstens der Wunsch, die Vegetationsbedingungen alle, auch die wenig bedeutenden, immer und überall nach Möglichkeit gleich zu gestalten, und zweitens die Überzeugung, daß uns dadurch ein sehr gleichmäßiges Aufgehen unserer Keimpflänzchen garantiert wurde.

Siebentes Kapitel.

Entwicklung der Wurzeln im freien Lande.

Die in den vorigen Abschnitten beschriebenen Beobachtungen über die Entwicklung der Wurzeln in geschlossenen Gefäßen mußten unmittelbar das Verlangen erregen, etwas Näheres über die Ausbildung des Wurzelnetzes im freien Felde zu erfahren.

Früher hatte man, gestützt auf die Thatsache, daß einige Pflanzenarten eine kräftige Pfahlwurzel trieben, andere nicht, die landwirtschaftlichen Kulturgewächse in flach- und tiefwurzelnde eingeteilt und ohne weiteres angenommen, daß die Pflanzen, welche eine Pfahlwurzel entbehren, ihr ganzes Wurzelwerk nahe der Bodenoberfläche entfalten.

Die Schubart'schen Auswaschungen*) von Wurzeln hatten nun gezeigt, daß diese Ansicht durchaus irrig sei. In dem chemischen Ackersmann finden sich unter anderen hierüber die Angaben: „Es waren auf einem Roggenfelde, einem Bohnenfelde und auf einem mit Gartenerbsen bestellten Beete Abgrabungen bis zu 5 bis 6 Fuß Tiefe veranstaltet worden, deren senkrechte Wände mittelst einer Gartenspritze so lange mit Wasser gespült wurden, bis alles oberflächliche

*) Siehe der chemische Ackersmann, Jahrgang I, S. 193 ff.

Erdreich von denselben abgeschlämmt und damit das Wurzelgeflecht bloßgelegt war. Der Anblick, der sich jetzt darbot, war in der That ein höchst überraschender, denn die Wandfläche erschien bis zu einer Tiefe von nahezu 4 Fufs hinab mit einem Gewebe von verfilzten weissen Fäden dicht überzogen.“ Und: „Weizenpflanzen, in der Nähe einer Mergelgrube angebaut, waren da, wo der Mergel mehr Sand als Lehm in seiner Mischung enthielt, bis zu 7 Fufs tief mit ihren Wurzeln in den Untergrund eingedrungen, während die letzteren an den Stellen, wo der Mergel eine bündigere und festere Konsistenz besafs, eine Tiefe von 6 Fufs erreicht hatten.“

Auf Grund dieser und ähnlicher Beobachtungen schlug die bisherige Ansicht fast in ihr Gegenteil um. Man war bald geneigt anzunehmen, dafs die Wurzeln sämtlicher Kulturpflanzen unter allen Verhältnissen in Bodenschichten zu suchen seien, die man bis dahin gar nicht in Berücksichtigung gezogen hatte.

Wichtig genug war die Sache sowohl für den Pflanzenbau ganz im allgemeinen, als im speziellen z. B. für alle Erschöpfungs-Berechnungen.

Im voraus aber durfte es als wahrscheinlich erscheinen, dafs keine von beiden Ansichten die richtige sei, sondern dafs die Wahrheit zwischen beiden in der Mitte liege.

Bei der grofsen Fähigkeit der Wurzeln, sich den gegebenen Verhältnissen zu akkommodiren, war anzunehmen, dafs sich dieselben immer dort am besten entwickeln würden, wo ihnen die geringsten Widerstände entgegenstehen und die meisten Vergünstigungen wie lockere oder zerklüftete Erde, reichliche Nahrung und genügende Feuchtigkeit geboten sind; dafs mithin das Wurzelgewebe ein und derselben Pflanzenart sich je nach den äufseren Umständen, in die sie versetzt sind, bald näher der Oberfläche, bald in gröfserer Tiefe entfalte; dafs überhaupt die Entwicklung der Wurzeln im freien Felde mehr durch die vorhandene Bodenbeschaffenheit, als durch die Eigentümlichkeit der Pflanzenspezies bedingt werde.

Einige Beobachtungen sollten in der Frage Klarheit geben.

Zunächst wurde der schon bekannte Weg betreten und versucht durch Abgraben und Abwaschen des Bodens den Verlauf des Wurzelwerks in einem bestimmten Bodenvolumen oder von einer bestimmten Pflanze zu verfolgen; die anhaltende und ehrliche Mühe aber, die wir darauf verwendeten, war ganz erfolglos.

Der Boden in der Umgegend von Dahme besteht zwar fast durchweg aus dem bekannten märkischen Sande, lehmigen Sande und sandigen Lehme, enthält aber ziemlich viel Steine von der Gröfse einer Nufs bis zur Gröfse einer Faust und ist in gesetztem Zustande nichts weniger als locker.

Zieht man auf einem mit Frucht bestandenen Felde einen Graben mit senkrechten Wänden und versucht von diesen die Erde mittelst Spritzens abzuspülen, so zeigen schwache Wasserstrahlen, wie man sie z. B. aus der Brause einer gewöhnlichen Giefskanne erhält, auch bei länger fortgesetzter Anwendung fast gar keine Wirkung, der Boden verhält sich, als wären seine Partikelchen zusammengekittet.

Wendet man stärkere und kräftigere Wasserstrahlen an, so ist es ganz unvermeidlich, dafs sich bald ein Stein, bald ein klüftig abgeonderter Erd- oder Sandklumpen loslöst, und auch wenn er nicht eben grofs ist, die zarten Wurzeln, die ihn umspannen oder durchziehen, abreifst und damit die Arbeit zerstört.

Nachdem auf diese Weise ein paar Jahre hindurch wiederholte Anläufe aber immer mit negativem Erfolge gemacht worden waren, griff man die Sache noch einmal auf folgende abgeänderte Weise an.

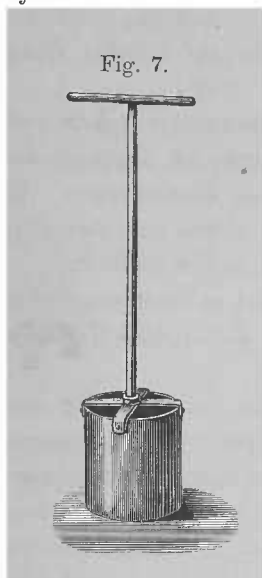
Auf einem gut bestandenen Roggenfelde wurden zur Blütezeit der Pflanzen zwei parallele Gräben in einer Entfernung von 1 m neben einander gezogen und zunächst nur 20 cm tief gemacht, dann die dazwischen stehenden Pflanzen an einem übergestellten Lattengerüste in ihrer natürlichen Lage festgebunden und darauf die beiden Gräben so oft mit Wasser gefüllt, bis sich die dazwischen stehende 1 m starke Bodenwand anscheinend bis zur Breikonsistenz vollgesogen hatte. Jetzt erst versuchte man die aufgeweichte Erde von letzterer vorsichtig in die beiden Seitengräben seitwärts abzuschlämmen. Nachdem dies scheinbar mit leidlichem Erfolge erreicht war, wurden die beiden Seitengräben geräumt, zugleich um 10 cm vertieft und dann das Abwaschen von neuem in Angriff genommen. Diese Manipulation sollte so oft wiederholt werden, bis das gesamte Wurzelnetz der auf einem Quadratmeter stehenden Roggenpflanzen freigelegt war. Am vierten Tage der Arbeit aber mußten wir uns überzeugen, dafs man auch so nicht zum Ziele kommt, denn zwischen den Maschen des Wurzelnetzes sammelten sich, je weiter man vorwärts schritt, um so mehr Steine und Kies an, die weder durch Waschen noch mit der Hand ohne Zerreißen der Wurzelfasern zu entfernen waren.

Es wurde also diese Methode als für unsere Verhältnisse hoffnungslos verlassen und erst nach einer längeren Pause die Frage im Jahre 1872 auf einem anderen Wege wieder aufgenommen.

Man verzichtete jetzt darauf, die Wurzeln auszuwaschen und begnügte sich damit, dieselben auf Querschnitten von je 400 qcm Inhalt in verschiedenen Bodentiefen zu zählen.

Dies liefs sich leicht erreichen mit Hülfe eines einfachen Instruments, welches in nebenstehender Zeichnung abgebildet ist.

Das Instrument, eine Art Erdbohrer, bestand aus einem hohlen Cylinder von starkem Eisenblech mit 226 mm lichtem Durchmesser



und 250 mm Höhe, dessen unterer Rand zugeschärft und verstählt war. Über den oberen Rand war ein kräftiges Eisenkreuz festgelöthet, welches einen starken Stab mit Handgriff trug.

Man suchte sich nun zunächst auf dem Felde eine Stelle aus, die gut bestanden und frei von Unkraut war; dann wurden auf der Bohrstelle die Pflanzen etwa 1 cm über der Erdoberfläche abgeschnitten und der Bohrer mit kräftigem Drucke senkrecht in den Boden getrieben, so weit dies möglich war. In der Regel gelang es anstandslos, das Instrument bis zum oberen Rande des Cylinders nieder zu bringen, denn kleinere Steine wurden von dem Bohrer leicht zur Seite gedrängt. Nur wenn die Schneide zufällig auf einen grossen Stein aufsetzte, war man gezwungen sich mit einer geringeren Tiefe zu begnügen, oder eine neue Bohrstelle aufzusuchen.

War der Bohrer in den Boden eingetrieben, so wurde zunächst die Erde rings um den Cylinder herum bis an seinen unteren Rand sorgfältig weggegraben und dann das Instrument umgelegt.

Hierbei brach der in dem Cylinder sitzende Bohrkern in der Regel ziemlich glatt und eben ab und blieb, wenn der Boden nicht ganz staubtrocken war, fest in dem letzteren stecken. Die Wurzelfasern, welche die Bruchfläche durchsetzten, rissen bei dieser Manipulation natürlich mit ab und ihre Stümpfe waren auf der kreis-

förmigen 400 □ cm Inhalt fassenden Grundfläche des Bohrkerns leicht zu zählen.

War dies Geschäft erledigt, so wurde der Inhalt des Bohrers ausgeschüttelt, das Instrument auf der alten Bruchstelle wieder aufgesetzt und zum zweiten Male eingetrieben, dann wieder frei gegraben, umgelegt, die Wurzelstümpfe gezählt und die ganze Operation auf derselben überhaupt so oft wiederholt, als sich noch Wurzelfasern in den Bohrkernen vorfanden.

Es war auf diese Weise eine ziemlich leichte Arbeit, an zahlreichen Stellen im freien Felde einen Bodencylinder von 400 □ cm Grundfläche bis zu beliebiger Tiefe auszubohren und die Entwicklung des in demselben steckenden Wurzelnetzes auf beliebig vielen Querschnitten in jeder Tiefe zu studieren.

Das Bild, welches wir bei diesen Untersuchungen von dem Verlaufe der Wurzeln im freien Felde erhielten, entsprach durchaus den im Eingange des Abschnittes ausgesprochenen Vermutungen. Es wird genügen, wenn wir zum Beweise nur die von uns im Jahre 1873 erhaltenen Resultate in dem Nachfolgenden spezieller anführen:

Wir bohrten in sogenanntem Höheboden und in Niederungsboden auf den Feldern der Domäne Dahme und des Rittergutes Heinsdorf (1 Meile von Dahme).

Die Lagerungsverhältnisse des Höhebodens waren die in dem norddeutschen Schwemmlande so gewöhnlichen — geognostische Grundlage: der jüngere Diluvial-Lehmmergel und über diesem lehmiger Sand in der Regel mit dazwischen geschobenen bald mehr, bald minder mächtigen Lagen von größerem Diluvialsand. Die Sanddecke war in unserem Falle überall stark, der Lehmmergel fand sich wechselnd erst in einer Tiefe von 2 bis 10 m.

Ebenso stand das Grundwasser tief und zwar wechselnd von 4 bis 30 m unter der Bodenoberfläche.

Als Zeit für die Untersuchungen wurde bei allen Pflanzenarten ein Moment kurz vor oder während der Blüte gewählt, d. h. also eine Vegetationsperiode, in welcher man zu der Annahme berechtigt war, daß das Wurzelnetz vollständig entwickelt und noch möglichst wenig Fasern wieder abgestorben seien.

In diesem Höheboden wurden auf den Grundflächen unserer Bohrcylinder, also auf Flächen von je 400 □ cm Inhalt, Wurzelfasern gezählt:

1. Von Winterroggen.

Auf Feld a.

Bodenprofil { lehmiger Sand 66 cm {davon Ackerkrume humushaltig 35 cm
 { grober roter Diluvialsand. {Untergrund humuslos 31 cm

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 25 cm Tiefe (in der Ackerkrume) 600 Fasern
 " 50 " " (im lehmigen Sande) 376 "
 " 92 " " (im roten Sande) 12 "

Auf Feld b.

Bodenprofil { lehmiger Sand 70 cm {davon Ackerkrume humushaltig 35 cm
 { grober Diluvialsand. {Untergrund humuslos 35 cm

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 25 cm Tiefe (in der Ackerkrume) 634 Fasern
 " 46 " " (im lehmigen Sande) 331 "
 " 64 " " (" " ") 187 "
 " 88 " " (im groben Sande) 112 "
 " 110 " " (" " ") 8 "

2. Von Winterweizen.

Bodenprofil { lehmiger Sand 65 cm {davon Ackerkrume humushaltig 34 cm
 { grober kiesartiger Diluvialsand. {Untergrund humuslos 31 cm

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 20 cm Tiefe (in der Ackerkrume) 820 Fasern
 " 54 " " (im lehmigen Sande) 200 "
 " 78 " " (im kiesigen Sande) 26 "
 " 100 " " (" " ") 0 "

3. Von Gerste.

Auf Feld a.

Bodenprofil { lehmiger Sand 62 cm {davon Ackerkrume humushaltig 33 cm
 { grober Diluvialsand. {Untergrund humuslos 29 cm

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 25 cm Tiefe (in der Ackerkrume) 348 Fasern
 " 50 " " (im lehmigen Sande) 136 "
 " 88 " " (im groben Sande) 2 "

Auf Feld b.

Bodenprofil { lehmiger Sand 60 cm { davon Ackerkrume humushaltig 33 cm
 { größerer Diluvialsand. { Untergrund humuslos 27 cm

Zahl der Wurzeln auf 400 qcm Fläche:

bei 25 cm Tiefe (in der Ackerkrume) 615 Fasern
 „ 45 „ „ (im lehmigen Sande) 278 „
 „ 68 „ „ (im größeren Sande) 64 „
 „ 90 „ „ („ „ „) 0 „

4. Von Hafer.

Bodenprofil { lehmiger Sand 62 cm { davon Ackerkrume humushaltig 30 cm
 { grober roter Diluvialsand. { Untergrund humuslos 32 cm

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 22 cm Tiefe (in der Ackerkrume) 271 Fasern
 „ 44 „ „ (im lehmigen Sande) 231 „
 „ 66 „ „ (im groben Sande) 82 „
 „ 87 „ „ („ „ „) 16 „
 „ 104 „ „ („ „ „) 0 „

5. Von Raps.

Bodenprofil { lehmiger Sand 60 cm { davon Ackerkrume humushaltig 36 cm
 { Lehm (oder entkalkter jüngerer Diluvialmergel) von 60 bis 180 cm
 { jüngerer Diluvialmergel.

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 22 cm Tiefe (in der Ackerkrume) 4 Pfahlwurzeln und 1275 Nebenwurzeln
 „ 42 „ „ (im lehmigen Sande) 4 „ „ 685 „
 „ 65 „ „ (im Lehme) 2 „ „ 146 „
 „ 78 „ „ („ „) 0 „ „ 44 „
 „ 88 „ „ („ „) 0 „ „ 12 „
 „ 97 „ „ („ „) 0 „ „ 0 „

6. Von Klee im zweiten Vegetationsjahre.

Bodenprofil { lehmiger Sand 68 cm { davon Ackerkrume humushaltig 36 cm
 { größerer Diluvialsand. { Untergrund humuslos 32 cm

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 22 cm Tiefe (in der Ackerkrume) 874 Fasern
 „ 46 „ „ (im lehmigen Sande) 340 „
 „ 66 „ „ („ „ „) 185 „
 „ 80 „ „ (im größeren Sande) 26 „
 „ 104 „ „ („ „ „) 10 „

7. Von junger Luzerne, gut bestanden auf rajoltem Boden.

Bodenprofil { lehmiger Sand 75 cm {davon Ackerkrume humushaltig 36 cm
 {Untergrund humuslos 39 cm
 {Lehm (oder entkalkter jüngerer Diluvialmergel) von 75 bis 200cm
 {jüngerer Diluvialmergel.

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 22 cm Tiefe (in der Ackerkrume)	12 Pfahlwurzeln	und	896 Nebenwurzeln
" 45 " " (im lehmigen Sande)	12 " "	" "	736 "
" 65 " " (" ")	8 " "	" "	332 "
" 83 " " (im Lehme)	0 " "	" "	19 "
" 93 " " (" ")	0 " "	" "	6 "
" 108 " " (" ")	0 " "	" "	0 "

8. Von alter Luzerne, schlecht bestanden auf nicht rajoltem Boden.

Bodenprofil { lehmiger Sand 50 cm {davon Ackerkrume humushaltig 35 cm
 {Untergrund humuslos 15 cm
 {Lehm (oder entkalkter jüngerer Diluvialmergel) von 50 bis 170cm
 {jüngerer Diluvialmergel.

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche.

bei 22 cm Tiefe (in der Ackerkrume)	1 Pfahlwurzel	und	184 Nebenwurzeln
" 57 " " (im Lehme)	1 " "	" "	27 "
" 70 " " (" ")	1 " "	" "	20 "
" 85 " " (" ")	0 " "	" "	4 "

9. Von der gelben Lupine.

Bodenprofil { lehmiger Sand 80 cm {davon Ackerkrume humushaltig 30 cm
 {Untergrund humuslos 50 cm
 {grober roter Diluvialsand.

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 26 cm Tiefe (in der Ackerkrume)	188 Fasern
" 50 " " (im lehmigen Sande)	112 "
" 68 " " (" " ")	87 "
" 78 " " (" " ")	34 "
" 100 " " (im groben Sande)	14 "

Der sogenannte Niederungsboden, in welchem wir noch einige Bohrungen vornahmen, war ein Alluvionsgebilde des Flüschens Dahme und bestand aus unregelmäßigen Lagen von Sand, Kies, hellem sehr

plastischem Thon, Auelehm und thonigem Sand, in der Oberfläche humusreich, stellenweise torfig. Der Grundwasserstand war überall hoch.

Wir zählten in demselben:

10. Von Winterweizen.

Auf Feld a.

Bodenprofil { sandiger Lehm 30 cm. Ackerkrume humusreich.
Flußlehm 30 bis 60 cm. Davon noch zirka 10 cm für Ackerkrume zu rechnen.
heller Sand.

Zahl der Wurzeln auf 400 qcm Fläche:

bei 20 cm Tiefe (in der Ackerkrume)	558 Fasern
„ 38 „ „ (im Lehme)	218 „
„ 67 „ „ (im Sande)	83 „
„ 84 „ „ („ „)	106 „
„ 104 „ „ („ „)	0 „
„ 104 „ Stand des Grundwassers.	

Auf Feld b.

Bodenprofil { thoniger Sand 62 cm { davon Ackerkrume sehr humusreich, torfig
und eisenschüßig 44 cm
Untergrund humusarm 18 cm
grober Kies von 62 bis 92 cm
blauer plastischer Thon.

Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche:

bei 20 cm Tiefe (in der Ackerkrume)	432 Fasern
„ 43 „ „ (im thonigen Sande)	344 „
„ 59 „ „ („ „ „)	149 „
„ 79 „ „ (im Kiese)	119 „
„ 100 „ „ (im Thone)	98 „
„ 123 „ „ („ „)	0 „
„ 123 „ Stand des Grundwassers.	

11. Von Rotklee im zweiten Vegetationsjahre.

Bodenprofil { sandiger Lehm 80 cm { davon Ackerkrume humusreich 46 cm
Untergrund humuslos 34 cm
Flußlehm von 80 bis 100 cm
Alluvialsand.

Zahl der Wurzeln auf 400 qcm Fläche:

bei 22 cm Tiefe (in der Ackerkrume)	729 Fasern
„ 50 „ „ (im sandigen Lehme)	87 „
„ 64 „ „ („ „ „)	56 „
„ 82 „ „ (im Lehme)	34 „
„ 99 „ „ („ „)	32 „
„ 110 „ „ (im Sande)	74 „
„ 129 „ „ („ „)	0 „
„ 129 „ Stand des Grundwassers.	

Diese Untersuchungen lehren uns folgendes:

Die größte Anzahl von Nebenwurzeln entwickelte von den in Berücksichtigung gezogenen Pflanzenarten der Raps (unsere Topfkulturen lassen uns vermuten, daß dem Raps in dieser Beziehung am nächsten stehen der Rübsen, Lein und Buchweizen); diesem folgten die Kleearten (und, wie wir aus den Topfkulturen schliesen, die Bohnen und Erbsen); an diese schliesen sich die Getreidearten an; die geringste Zahl von Wurzelfasern fanden wir bei der Lupine.

In Bezug auf die Ausdehnung des Wurzelnetzes in die Tiefe vermochten wir einen bedeutenden Unterschied zwischen den verschiedenen Pflanzenarten nicht zu konstatieren. Vielleicht kann man aus unseren Zahlen herauslesen, daß der Klee und die Lupine einzelne Faserwurzeln noch einige Centimeter tiefer trieben, als die meisten anderen Gewächse, jedenfalls aber beweisen dieselben nicht die Richtigkeit der vielfach ausgesprochenen Ansicht, daß einzelne Pflanzenarten im Gegensatz zu anderen (z. B. der Klee) speziell darauf angewiesen seien, ihre mineralischen Nährstoffe aus dem tieferen Untergrunde zu entnehmen.

In unserem Höheboden hatten sämtliche Pflanzenarten ohne Ausnahme die Hauptmasse ihres Wurzelnetzes in der Ackerkrume, d. h. in der lockersten und nährstoffreichsten Bodenschicht entwickelt; in der darunter stehenden Lage von humuslosem lehmigen Sande sank die Zahl der Wurzelfasern schnell bis auf durchschnittlich etwa die Hälfte herab; in den tieferen Untergrund, mochte derselbe aus grobem Sande, Kies oder dem mageren Diluviallehme bestehen, stiegen immer nur wenige — man kann etwa sagen 10 Proz. — Wurzeln hinab; und tiefer als 1 m wurden nur noch in einigen Fällen vereinzelt Fasern gefunden.

In einem tiefgründigen, feuchten Boden, besonders mit mächtigeren humosen Schichten, werden sich diese Verhältnisse zweifellos wieder

ganz anders gestalten. Schon in unserem Niederungsboden zeigten sich dieselben abweichend und lieferten dort gleichzeitig ein hübsches Beispiel für die strenge Abhängigkeit der Wurzelentwicklung von der Bodenbeschaffenheit.

Während nämlich in allen übrigen Fällen die Zahl der Wurzelfasern auf 400 qcm Fläche nach unten hin regelmäÙig abnahm, zeigten die beiden Bohrcylinder 10a. und 11., welche auf zwei benachbarten Schlägen genommen wurden, nur in dem zunächst unter der Ackerkrume stehenden zähen plastischen Aluviallehme eine rasche Abnahme der Wurzelanzahl, in dem unterlagernden feuchten Sande aber verzweigten sich die Fasern, welche sich durch den Lehm hindurch gequält hatten, sofort wieder reichlich bis das bald anstehende Grundwasser ihrem Weiterwachsen ein Ziel setzte; und zwar verhielten sich in dieser Beziehung Winterweizen und Klee vollkommen gleich.

Ein anderes Beispiel für die Akkommodation der Pflanzenwurzeln an die Bodenverhältnisse lieferten uns ein paar gelegentliche Bohrungen bei der Lupine.

Kurz neben der Stelle, deren Boden- und Bewurzelungsverhältnisse wir in Bohrung 9. beschrieben haben, hatten wir zwei Beete und zwar das eine 50 cm, das andere 100 cm tief zu anderen Versuchszwecken rajolen lassen und ebenfalls mit gelben Lupinen bestellt.

Das Rajolen hatte leider erst im Winter nach Aufhören des Frostes bewirkt werden können, der Boden hatte sich in Folge dessen zur Saatzeit noch nicht gehörig gesetzt und die Lupinen standen dünn und lückenhaft.

Bei dem Bohren wurden gefunden auf je 400 qcm Bodenfläche:

a. auf dem 50 cm tief rajolten Boden

in einer Tiefe von	26 cm	28	Wurzelfasern
„ „ „ „	50 „	68	„
„ „ „ „	70 „	7	„
„ „ „ „	95 „	2	„

b. auf dem 100 cm tief rajolten Beet

in einer Tiefe von	26 cm	10	Wurzelfasern
„ „ „ „	46 „	12	„
„ „ „ „	70 „	33	„
„ „ „ „	96 „	6	„
„ „ „ „	105 „	0	„

Alle diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß die günstige Wirkung der Tiefkultur gewiß nicht zum mindesten Teile in der Wegräumung der Hindernisse zu suchen ist, welche der feste Untergrund der gleichförmigen Entfaltung des Wurzelnetzes nach der Tiefe hin mechanisch entgegenstellt.

R ü c k b l i c k.

Jede Pflanze braucht als Naturkörper zu ihrer Existenz und zu ihrer Entwicklung einen gewissen Raum. Auf dem Flecke, den ein Pflanzenindividuum einnimmt, findet nicht gleichzeitig ein zweites Platz.

Dieser unbestreitbare Satz hat keine praktische Bedeutung für den oberirdischen Teil der Gewächse, denn lange bevor sich zwei benachbarte Pflanzen mit ihren Stämmen und Zweigen räumlich drängen und behindern, treten sie nach zwei anderen Richtungen in Konkurrenz, nämlich in Beziehung auf die Benutzung der in der Atmosphäre vorhandenen Nahrungsmittel und des Lichtes.

Anders aber liegt die Sache für den unterirdischen Teil der Gewächse. Während die Luft der Entfaltung des Stengels und der Äste nach keiner Seite hin ein mechanisches Hindernis in den Weg stellt, ist die Wurzel darauf angewiesen, sich in einem festen, nur porösen Medium zu entwickeln. Die Spitze der wachsenden Wurzel ist weich und vermag sich den ihr nötigen Raum nicht mit Gewalt zu verschaffen, sie kann die festen Bodenpartikelchen nicht durchbohren, sie kann bei ihrem Längenwachstum nur den Weg benutzen, den ihr die zwischen den Bodenpartikelchen zufällig vorhandenen Zwischenräume frei lassen und zwar nur die Zwischenräume von einer gewissen Weite. Der reine Thon ist auch ein poröser Körper, aber zu einem gedeihlichen Kulturboden wird er nicht, auch wenn man ihm sämtliche Pflanzennährstoffe in der vorteilhaftesten Form und im reichsten Maße zusetzt. Durch die landwirtschaftliche Bezeichnung „garer“ und „ungarer“ Boden sind diese Verhältnisse deutlich genug ausgedrückt.

Die Hemmnisse, welche unter gewissen Umständen der feste Boden der normalen Entwicklung des Wurzelgeflechts entgegenstellt, müssen genau so wirken, wie das Beschneiden des Stammes und der Zweige, durch welches der Gärtner aus einem beliebigen Apfelbäumchen eine Pyramide, ein Kordonbäumchen oder irgend eine andere Zwergform bildet, auf den oberirdischen Teil der Pflanze wirkt.

In der landwirtschaftlichen Praxis wird diese Beschränkung des Wurzelwachstums wohl nur in seltenen Fällen so weit gehen, daß sie einen entscheidenden Einfluß auf die Gesamtproduktion der Pflanze gewinnt. Im freien Felde steht den wachsenden Wurzeln nach allen Seiten hin ein verhältnismäßig großes Bodenvolumen zur Verfügung und wenn auch hier immer eine mehr oder weniger große Anzahl schlecht situierter Wurzeln sitzen bleibt und zu Grunde geht, so finden dafür andere Fasern um so günstigere Gelegenheit, sich zu verlängern, reichlicher zu verzweigen und die Funktion der verunglückten mit zu übernehmen.

Bei Kulturversuchen in geschlossenen Gefäßen von den üblichen Dimensionen aber gewinnt die Sache eine viel größere Bedeutung. Hier kann der Einfluß, welchen die Größe des vorhandenen Bodenvolumens auf die Wurzelbildung und damit auf das Wachstum der ganzen Pflanze ausübt, wie unsere in dem dritten, vierten und fünften Kapitel dieses Abschnitts mitgeteilten Versuche beweisen, so hoch steigen, daß er in der That ein entscheidender Faktor des Ertrages wird.

Wir rekapitulieren folgende in dem Vorhergehenden, wie uns dünkt, genügend bewiesene Sätze:

Das Wurzelnetz einer Pflanze bildet nicht ein verworrenes Chaos, sondern strebt sich nach einem streng gesetzmäßigen Plane aufzubauen, der für jede Pflanzenart anders und charakteristisch ist. — Jede wesentliche Störung, die dasselbe bei der Verfolgung dieses Planes erfährt, muß sich als ein Hemmnis in der Entwicklung auch der oberirdischen Pflanzenteile geltend machen.

Die Länge, bis zu der sich die einzelnen Wurzelfasern der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen unter günstigen Verhältnissen entfalten, ist so bedeutend, daß die bei der Sandkultur gewöhnlich benutzten Kulturgefäße den hierzu nötigen Raum nicht bieten. — Dagegen finden sich die einzelnen Wurzelfasern in den Kulturgefäßen

in einer Weise zusammengedrängt, die zu gerechten Besorgnissen Veranlassung geben muß.

Zwar besitzen die Pflanzen gerade in ihrer Wurzel eine bedeutende Reproduktionskraft und vermögen sich durch dieselbe auch ungünstigen Verhältnissen in bewundernswerter Weise anzupassen. — Aber diese Reproduktionskraft ist nicht bei allen Pflanzenarten gleich groß und bei keiner einzigen unbegrenzt. — Zudem bedingt die Überwindung jeder Störung einen Verlust von Stoff und einen Aufwand von Kraft, den immer der Gesamtorganismus zu liefern hat.

Bei unseren in diesem Abschnitte beschriebenen Kulturversuchen mit Gartenboden fand die Produktion von Gersten-Trockensubstanz unter den verschiedensten Vegetationsbedingungen immer eine ziemlich bestimmte Grenze, die wir nicht zu überschreiten vermochten und die wir nicht anders erklären können, als durch die mechanischen Hindernisse, die der Entwicklung der Wurzel in dem beschränkten Bodenvolumen entgegentreten.

In den günstigsten Fällen wurde pro 1 kg Gartenboden (locker eingefüllt) geerntet an

a. Im Jahre 1864		Trockensubstanz
(kleine Gefäße mit je 1667 g Boden)		g
Versuchsnummer	390, mit 2 Pflanzen	5,6
„	391, „ 3 „	5,1
„	392, „ 4 „	5,6
„	396, „ 4 „	5,0
„	393, „ 6 „	5,1
„	394, „ 8 „	6,0
„	397, „ 8 „	5,8

b. Im Jahre 1872

Versuchsnummer	304, Gefäßgröße IV.	6,5
„	305, „ IV.	5,9
„	316, „ III.	5,6
„	317, „ III.	5,6

Und im Jahre 1873 erhielten wir pro 1 kg Gartenboden (fest eingedrückt)

a. Ungedüngt		Trockensubstanz
		g
Versuchsnummer	352, Gefäßgröße IV.	4,0
„	354, „ III.	4,5
„	356, „ II.	4,4

		Trockensubstanz	
b. Gedüngt		g	
Versuchsnummer	353, Gefäßgröße	IV.	3,9
„	355, „	III.	4,7
„	357, „	II.	4,2

Wir hatten dieser unserer Ansicht über die Bedeutung des Bodenvolumens in der Sandkultur schon vor längerer Zeit einmal bei einer uns passend erscheinenden Gelegenheit öffentlich Ausdruck gegeben.

Zu der vornehmen Abfertigung, welche dieselbe in einem angesehenen Lehrbuche der Agrikulturchemie*) mit den Worten fand:

„Noch einige andere Punkte bleiben zu erledigen übrig, welche wesentlich in der Zurückweisung noch weiterer als solche angesehener Vegetationsbedingungen bestehen.

„Man hat in neuerer Zeit ausgesprochen, daß der Raum, der einer Pflanze zur Verfügung stehe, ein Produktionsfaktor derselben sei, oder daß es gelinge, lediglich durch Variation dieses Raumes die Produktionsgröße einer Pflanze zu regulieren. Das letztere ist ohne allen Zweifel insofern richtig, als eine Pflanze, die ihre Wurzeln in einem verhältnismäßig kleinen Topfe, oder in verhältnismäßig zu kurzem Abstände von anderen Pflanzen entwickelt, sich unter ungünstigeren Vegetationsbedingungen befindet, als eine Pflanze, deren Wurzel eine sehr viel größere Menge von Erde zu ihrer alleinigen Nutznießung hat, und ebenso richtig, insofern eine Pflanze, deren grüne Organe sich nicht gehörig ausbreiten können oder von den Blättern benachbarter Pflanzen zusammengedrückt oder bedeckt werden, ebenfalls unter weit schwierigeren Bedingungen um ihre Existenz kämpft, als eine andere, für welche diese Einschränkungen nicht vorhanden sind. Allein jene Ausdrucksweise giebt leicht zu einem Mißverständnisse Veranlassung; denn im ersteren Falle stehen der Pflanze in dem kleineren Erdvolum weniger Nährstoffe zur Verfügung, im zweiten Falle weniger Licht, und so muß festgehalten werden, daß wir es hier nicht mit einer neuen Vegetationsbedingung, sondern mit einem Modus der Erfüllung schon bekannter Bedingungen zu thun haben, der unter

*) Vergl. Lehrbuch der Agrikulturchemie in vierzig Vorlesungen von Dr. Adolf Mayer. Zweite Auflage. Band I, S. 403.

Umständen durch Konzentration der Nährstoffe und des Lichtes bis zu einer gewissen Grenze umgangen werden kann. Derjenige Raum, den die Pflanze durch ihr eigenes Volumen einnimmt, kann ferner bei der praktischen Erfüllung der Vegetationsbedingungen gar nicht in Betracht kommen, weil doch aus anderen Gründen unter allen Umständen weit gröfsere Räume zur Verfügung stehen müssen. Wir haben es also mit einer vollkommen richtigen, aber roh empirischen Ausdrucksweise zu thun, die wir bei einer wissenschaftlichen Behandlung durch eine nach Kräften elementare Erörterung ersetzen müssen. — Es ist nicht so unwichtig, wie es hier erscheinen mag, auf ein mögliches Mißverständnis dieses Punktes aufmerksam zu machen, weil es sich für unsere späteren Betrachtungen darum handelt, die Vegetationsbedingungen der Pflanze genau zu kennen und in möglichst präziser Form zu fassen.“

brauchten wir nach den oben mitgeteilten Versuchen wohl kaum noch etwas hinzuzufügen, wir nehmen aber daraus Veranlassung, statt vieler wenigstens noch ein Beispiel heranzuziehen, das als weiterer Beweis für unsere Annahmen dienen kann.

Nicht nur bei den besprochenen Kulturversuchen in Gartenboden, sondern auch bei unseren Ernährungsversuchen in Quarzsand stiefen wir stets auf eine Grenze, über welche hinaus wir die Produktion trotz aller Änderungen der benutzten Nährstoffmischungen nicht erheblich zu steigern vermochten, und für die wir ebenfalls keine andere Erklärung finden, als die mechanischen Hemmnisse der Wurzelentwicklung in dem beschränkten Bodenvolumen.

Es gelang uns nie, in unseren Kulturgefäfsen mit 4000 g Sand Inhalt mehr oberirdische Trockensubstanz zu ernten, als von der kurzlebigen Gerste etwa 7 g, und von dem mit längerer Vegetationszeit gesegneten Weizen im günstigsten Falle zirka 9 g pro 1 kg Boden; während wir glauben, überall nachweisen zu können, dafs sich der hemmende Einflufs des beschränkten Bodenvolumens auf die Produktion an oberirdischer Trockensubstanz geltend machte, sobald die letztere bei der Gerste etwa 5 g und bei dem Weizen zirka 7 g pro Kilo Boden erreicht hatte.

Man urteile selbst an folgendem Beispiele, das wir aus unseren später mitzuteilenden Ernährungsversuchen beliebig herausgreifen:

Im Jahre 1867

hatten wir unseren Kulturversuchen mit Sommerweizen folgende Nährstoffmischung zu Grunde gelegt:

Saures phosphorsaures Kali	472 mg (= 544 mg KO, 2H ₂ O, PO ₅)
Chlornatrium	117 „
Schwefelsaure Magnesia	120 „
Salpetersaurer Kalk	1640 „
Salpetersaures Kali	404 „

in Sa. 2753 mg.

Diese Nährstoffmischung wurde als Zusatzeinheit pro Kulturgefäß oder pro 4 kg gereinigten Quarzsand betrachtet.

Zahlreiche Einzelversuche überzeugten uns, daß dieselbe sämtliche Nährstoffe im Überschusse enthielt, d. h. daß wir von jedem einzelnen Nährstoffe eine gewisse, bisweilen recht ansehnliche Quantität aus der Mischung weglassen durften, ohne damit die Produktion an Trockensubstanz wesentlich zu schmälern. Wir ernteten in einer Menge von Einzelversuchen, bei welchen unsere Nährstoffmischung auf das Verschiedentlichste, aber immer innerhalb der erwähnten unschädlichen Grenzen variiert worden war, stets zwischen 28 und 35 g oberirdische Trockensubstanz.

Ein gewisser Teil unserer an sich ganz günstigen Nährstoffmischung blieb also immer wirkungslos und es mußte irgend ein anderer Wachstumsfaktor sein, welcher die Ernte auf die erwähnte Höhe einschränkte.

Ehe wir untersuchen, welcher Faktor dieses war, geben wir zunächst die speciellen Resultate einer kleinen Versuchsreihe, welche über die am zweckmäßigsten zu verwendende Quantität des Nährstoffzusatzes belehren sollte:

Kultur- gefäßs	hatte von der obigen unveränderten Nährstoff- mischung erhalten		und gab Ertrag		
			Körner	Stroh und Spreu	oberirdische Trocken- substanz
		mg	mg	mg	mg
a.	0,25 =	688	2859	8 520	11 379
b.	0,50 =	1 376	6155	16 200	22 355
c.	1,00 =	2 753	9848	19 015	28 863
d.	2,00 =	5 506	7347	16 596	23 943
e.	4,00 =	11 012	3970	8 052	12 022

Man beachte:

Das Gefäß b. hatte genau noch einmal so viel von der Nährstoffmischung erhalten, wie das Gefäß a., und brachte fast genau den doppelten Ertrag an oberirdischer Trockensubstanz von jenem.

Und nun frage man sich:

Warum produzierte das Gefäß c., welches viermal mehr Nährstoffmischung als a. erhalten hatte, nicht wenigstens annähernd viermal mehr Weizen, warum gab d. mit der achtfachen Nährstoffmenge nicht die achtfache und e. mit der sechzehnfachen Nährstoffmenge nicht die sechzehnfache Erntemasse von a.?

Für das Gefäß e. wird man schnell mit der Antwort fertig sein. Die Salzmenge von 11,012 g pro 4 kg Sand war offenbar zu groß und wirkte schädlich auf die Entwicklung der Pflanzen ein.

Möglich sogar, daß der Überschufs an Nährstoffen auch in Gefäß d. noch nicht ganz ohne nachteiligen Einfluß gewesen sei; wenn auch, wie der Ertrag der Nummer beweist, schon hier der eventuelle Nachteil offenbar nur ein sehr geringer war.

Bei Gefäß c. aber, welches nur halb so viel Nährstoffe erhalten hatte wie d., in welchem sich der Salzgehalt für 1000 Teile Boden auf in Summa noch nicht ganz 0,7 Promille berechnet, in welchem die Entwicklung der Pflanzen allezeit eine vortreffliche und der Ertragertrag gegen b. ein steigender war, bei diesem Gefäße wird man einen ähnlichen Grund nicht annehmen wollen, wird man ihn ohne weiteren Beweis nicht annehmen dürfen.

Lassen wir also die Nummern d. und e. fernerhin unberücksichtigt, aber fragen wir:

Warum blieb in unseren mit 4 kg Sand gefüllten Gefäßen stets und immer ein gewisser Teil der als Einheit gewählten Nährstoffmischung unwirksam, warum ernteten wir von einem Viertel derselben zirka 11 g, von der Hälfte derselben zirka 22 g, von dem Ganzen aber nicht zirka 44 g, sondern nur etwa 29 g oberirdische Trockensubstanz?

Gehen wir die bekannten Wachstumsfaktoren in der Kürze der Reihe nach durch:

Konnte zuvörderst etwa Mangel an Wärme, Licht oder einem der sogenannten atmosphärischen Nahrungsmittel — besonders der Kohlensäure, für deren Zuführung wir in unseren Versuchen keine

spezielle Sorge trugen — die Ursache sein, welche die Trockensubstanz-Produktion auf 29 g beschränkte?

Die Antwort lautet bestimmt — nein —, denn:

Unsere Weizenpflanzen vegetierten während der größten Zeit ihres Lebens vollständig im Freien, nur bei ungünstiger Witterung fanden sie im Glashause Schutz; ferner

Die klimatischen Verhältnisse des Jahres 1867 waren, wie wir im nächsten Abschnitte ausführlicher belegen werden, durchweg günstige; endlich

Der leichte obere Durchmesser der Kulturgefäße, in welchen wir den Weizen bauten, betrug 14 cm. In dem vierten Kapitel dieses Abschnitts*) aber haben wir unter den laufenden Nummern 356 und 357 zwei Versuche mitgeteilt, in welchen es uns gelungen war, in hohen Glaszylindern, deren leichter Durchmesser ebenfalls 14 cm betrug, von Gerste 54,801 g und 57,288 g Trockensubstanz zu ernten. Die Gerste war dort in Bezug auf Wärme, Licht und atmosphärische Nahrungsmittel unter genau den gleichen Verhältnissen gewachsen, wie hier der Weizen; die von den Pflanzen bestandene Bodenfläche war in beiden Fällen genau dieselbe. Ist es denkbar, daß der weit länger vegetierende Weizen unter denselben Bedingungen nicht hinreichend Licht, Wärme oder Kohlensäure gefunden hätte, um vierzig und einige Gramm Trockensubstanz zu erzeugen, unter welchen die kurzlebige Gerste von diesen Agentien genug zur Produktion von mehr als 50 g Trockensubstanz fand?

Oder sollen wir annehmen, daß Mangel an Wasser der Produktion eine Grenze setzte?

Auch hierauf glauben wir unbedenklich mit nein antworten zu dürfen.

Bei unseren Versuchen mit Weizen im Jahre 1867 gaben wir bei der Ansaat so viel Wasser als 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes entsprach und ergänzten diesen Stand der Bodenfeuchtigkeit während der Vegetation allemal dann, wenn dieselbe auf 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes durch die Verdunstung herabgesunken war.

Nun werden wir zwar später Gelegenheit finden zu zeigen, daß eine Bodenfeuchtigkeit, welche 20 Proz. der wasserfassenden Kraft

*) Siehe S. 216 f.

des Bodens entspricht, bei sehr heißem Wetter und trockener Luft nicht mehr ausreichend ist, um das Wasserbedürfnis der Pflanze voll zu decken. Aber gerade im Jahre 1867 traten während der Zeit des Hauptwachstums des Weizens solche gefährliche Hitzeperioden nicht auf.

Zudem wurden sämtliche Weizenversuche mit Ausnahme einer einzigen Reihe in Bezug auf Wasser vollkommen gleich behandelt. Wenn also ja einmal ein periodischer Wassermangel auf die Produktion hindernd gewirkt hätte, so würden die beiden Gefäße a. und b. von dieser Kalamität in demselben Grade betroffen worden sein, wie das Gefäß c.

Endlich aber beweist uns gerade die erwähnte Ausnahmereihe, in welcher zwei Gefäße, die wir mit f. und g. bezeichnen wollen, allezeit feuchter gehalten wurden als alle übrigen, ganz bestimmt, daß auch durch Zugabe der größten, ohne Gefahr für die Vegetation zulässigen Wassermengen in unseren 4 kg Sand fassenden Kulturgefäßen von der als Einheit zu Grunde gelegten Nährstoffmischung eine Weizen-ernte von zirka 44 g Trockensubstanz, wie man sie nach den Erträgen in den Gefäßen a. und b. erwarten durfte, nicht zu erreichen war. Die Gefäße f. und g. hatten wie das Gefäß c. 2753 mg der unveränderten Nährstoffmischung erhalten, während aber in letzterem die Bodenfeuchtigkeit, wie gesagt, auf 60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes erhalten wurde, liefs man diese in den beiden ersteren während der ganzen Vegetation des Weizens zwischen 60 bis 40 Proz. resp. zwischen 80 und 60 Proz. schwanken. Der Ertrag von diesen beiden Gefäßen war:

Kultur- gefäß	Bodenfeuchtigkeit in Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes	Ernte an Trockensubstanz		
		Körner	Stroh und Spreu	in Sa.
		mg	mg	mg
f.	60 — 40	10 298	21 395	31 693
g.	80 — 60	11 420	23 265	34 685

Oder war vielleicht doch die relative Zusammensetzung unserer Nährstoffmischung der Entwicklung des Weizens nicht so ganz günstig, wie wir angenommen? — Es wäre ja vielleicht denkbar, daß ein Fehler in dieser Richtung, z. B. der bedeutende relative Überschufs eines einzelnen Nährstoffs, sich bei schwachen Gaben nicht, bei starken Zusätzen aber merklich ungünstig auf den Ertrag äußerte.

Nun, auch dieses Bedenken vermögen wir, wie uns dünkt, vollständig durch folgende Angaben zurückzuweisen.

Die von uns als Einheit zu Grunde gelegte Nährstoffmischung enthielt von den einzelnen Nährstoffen nach den alten Milligramm-äquivalenten berechnet:

Kali	8 Äquivalente
Magnesia	2 "
Kalk	20 "
Phosphorsäure	4 "
Schwefelsäure	2 "
Salpetersäure	24 "
Chlornatrium	2 "

und brachte uns, wie öfter erwähnt, einen Ertrag von 28 863 mg oberirdischer Trockensubstanz.

Von einer Anzahl Kulturgefäße, denen wir einen derart abgeänderten Salzzusatz gaben, dafs von dieser Grundmischung immer ein einzelner Nährstoff entweder vermindert oder vermehrt war, die aber sonst alle unter den gleichen Vegetationsbedingungen gehalten wurden, ernteten wir:

Kultur- gefäfs	hatte statt der in der		und produzierte		
	Einheitsmischung	gegebenen Menge	Körner	Stroh und Spreu	in Sa.
	erhalten		mg	mg	mg
h.	Kali	4 Äquivalente	9 063	16 600	25 663
i.	"	12 "	8 660	18 380	27 040
k.	Magnesia	1 "	9 202	18 065	27 267
l.	"	4 "	9 473	19 840	29 313
m.	Kalk	2 "	10 464	18 077	28 541
n.	Phosphorsäure	2 "	9 295	19 725	29 020
o.	"	8 "	9 652	18 640	28 292
p.	Schwefelsäure	1 "	10 075	19 660	29 735
q.	"	4 "	9 998	21 697	31 695
r.	Salpetersäure	16 "	7 290	18 755	26 045
s.	"	36 "	9 800	19 035	28 835

Die verhältnismäfsig geringen Schwankungen im Ertrage gegenüber den bedeutenden Differenzen in der Zugabe der einzelnen Nährstoffe beweisen hinreichend, dafs auch in der relativen Zusammensetzung unserer Nährstoffmischung der Grund für die teilweise Wirkungslosigkeit derselben in dem Kulturgefäße c. nicht zu suchen sei.

Oder soll man endlich in der Konzentration der Nährstofflösung die Schuld suchen?

Bei der Sandkultur ist es nicht so einfach, die Konzentration der Nährstofflösung anzugeben, wie bei der Wasserkultur. Bei ersterer werden sämtliche Nährstoffe, welche in einem Versuche zur Anwendung kommen sollen, mit einem Male bei der Ansaat in den Boden gebracht; in der Folge aber wird die verdunstete Bodenfeuchtigkeit stetig durch destilliertes Wasser ersetzt. Von dem Momente an, wo die Versuchspflanzen anfangen, die gegebenen Nährstoffe zu assimilieren, muß die Summe derselben im Boden sich täglich verringern und die Konzentration ihrer Lösung stetig sinken. Nur die Anfangskonzentration der Nährstofflösung läßt sich bei der Sandkultur in bestimmten Zahlen nennen. Erwägt man, daß die Durchschnittskonzentration hier immer eine erheblich geringere ist, daß die Pflanzenwurzeln hier nicht, wie bei der Wasserkultur, dauernd in der Nährstofflösung schwimmen und daß die junge Pflanze zweifellos eine höhere Konzentration ihrer Nährstofflösung verträgt, ja beansprucht, als die ältere, so wird man a priori schließen, daß die Anfangskonzentrationen der Nährstofflösungen bei der Sandkultur ansehnlich höhere sein dürfen und ansehnlich höhere sein müssen, als die Durchschnittskonzentrationen der Nährstofflösungen bei der Wasserkultur.

Betrachten wir jetzt die Konzentration der Nährstofflösungen in dem uns spezieller interessierenden Falle etwas genauer.

Wie erwähnt, hielten wir bei unseren Weizenkulturen im Jahre 1867 die Bodenfeuchtigkeit immer zwischen 60 und 20 Prozent der wasserfassenden Kraft des Sandes, und da wir die letztere zu 20 Proz. gefunden hatten, so betrug die Wassermenge, welche jedes mit 4000 g Sand gefüllte Kulturgefäß enthielt, immer von 600 zu 200 g.

Daraus aber berechnet sich

für Kultur- gefäß	welches in Sa. Salze erhalten hatte	und Wasser	die Anfangskonzentration der Nährstofflösung		geerntet waren Trocken- substanz in Sa. mg
			g	mg	
a.	688	600—200	1,1— 3,4	d. i. im Mittel 2,3 Prom.	11 379
b.	1 376	600—200	2,3— 6,9	" " " " 4,6 "	22 355
c.	2 753	600—200	4,6—13,8	" " " " 9,2 "	23 863
d.	5 506	600—200	9,2—27,5	" " " " 18,4 "	23 943
e.	11 012	600—200	18,3—55,0	" " " " 36,7 "	12 022

Aus den Zahlen geht sofort und unbestreitbar hervor, dafs eine Anfangskonzentration der Nährstofflösung von im Mittel 36,7 Prom. der Vegetation in hohem Grade schädlich war.

Sichtlich hatte auch eine solche von 18,4 Prom. die Produktion noch etwas gedrückt, aber doch nur in sehr mäfsiger Weise.

Nichts aber spricht dafür, dafs eine Anfangskonzentration der Nährstofflösung von 9,2 Prom., wie sie das Gefäfs e. und bei weitem die meisten übrigen Nummern der 1867er Weizenversuche erhalten hatten, irgend wie nachteilig auf das Wachstum unserer Versuchspflanzen eingewirkt hätte.

Man könnte zwar vielleicht versucht sein, in den oben erwähnten Kulturgefäfsen f. und g., welche die gleiche Menge Nährstoffe wie c., aber ansehnlich gröfsere Wasserquantitäten erhalten und dabei steigende Erträge gegeben hatten, einen Beweis für eine ungünstige Wirkung der 9,2 Prom. starken Anfangskonzentration zu sehen,

Kultur- gefäfs	hatte erhalten		die Anfangskonzentration der Nährstofflösung betrug mithin	gerntet wurden
	Salze in Sa.	Wasser		Trocken- substanz in Sa.
	mg	g		mg
f.	2753	600—400	4,6—6,9 d. i. im Mittel 5,8 Prom.	31 693
g.	2753	800—600	3,4—4,6 " " " " 4,0 "	34 685

dem aber widersprechen wiederum die beiden Gefäfs e. und s., welche eine gröfsere Salzquantität wie c., bei gleichen Wassergaben erhalten hatten und doch fast genau die gleiche Erntemasse brachten:

Kultur- gefäfs	hatte erhalten		die Anfangskonzentration der Nährstofflösung betrug mithin	Ernte an Trocken- substanz
	Salze in Sa.	Wasser		mg
	mg	g		mg
o.	3149	600—200	5,2—15,7 d. i. im Mittel 10,5 Prom.	28 292
s.	3737	600—200	6,2—18,7 " " " " 12,5 "	28 835

Wir hatten oben die besseren Erträge der Pflanzen in den Gefäfsen f. und g. einfach dadurch erklärt, dafs dieselben in Folge der vermehrten Bodenfeuchtigkeit Gelegenheit hatten, sich den nötig werdenden Wasserersatz allezeit rascher und müheloser zu beschaffen, und wir halten noch jetzt an dieser Erklärung fest; denn wir meinen, dafs, wenn hier eine Wirkung der Konzentration der Nährstofflösung

mit im Spiele gewesen wäre, wenn etwa die mittlere Anfangskonzentration von 9,2 Prom. in Gefäß c. schon wesentlich nachteilig gewirkt hätte, daſs dann ein ungünstigerer Einfluß der höheren Konzentrationen von 10,5 Prom. in Gefäß o. und von 12,5 Prom. in Gefäß s. auf den Ertrag hätte hervortreten müſſen, als in der That beobachtet wurde.

Die mittlere Anfangskonzentration der Nährstofflösung von 9,2 Prom. betrachten wir also als unſchädlich.

Wir wollen zugeben, daſs die ſtrengſte Kritik ſich mit den hier beigebrachten Beweiſen noch nicht vollſtändig befriedigt erklären mag, aber man werfe noch einen kurzen Blick auf folgende weitere Angaben und alle Zweifel werden ſchwinden.

Im Jahre 1868 ſetzten wir unſere Kulturverſuche mit Weizen fort.

Die Tendenz derſelben war die gleiche wie im vorhergehenden Jahre, aber auf Grund der gewonnenen Erfahrungen benutzten wir diesmal als Ausgangspunkt eine Nährſtoffmiſchung, in der vieles als überflüſſig Erkanntes weggelaſſen war und die deſhalb eine weſentlich geringere Menge von Salzen enthielt. Gleichzeitig hielten wir diesmal die Bodenfeuchtigkeit während der Vegetation anſehnlich höher, und beide Ursaſchen vereinigten ſich, um im Jahre 1868 die Konzentration unſerer Nährſtofflösungen auf einem bedeutend niedrigeren Stande zu erhalten, als im Jahre 1867.

Die Nährſtoffmiſchung, die man im Jahre 1868 als Einheit zu Grunde legte, enthielt folgende Salze:

2,2 mg Äquivalent	ſaures phosphorſaures Kali	=	260 mg
1,0 „ „	Chlorkalium	=	75 „
1,6 „ „	ſchwefelſaure Magnesia	=	96 „
20,0 „ „	ſalpeterſauren Kalk	=	1640 „
			in Sa. = 2071 mg.

Die Bodenfeuchtigkeit erhielt man während der ganzen Vegetationszeit des Weizens auf 80 bis 40 Proz. der wasserfaſſenden Kraft des Sandes. In jedem mit 4 kg Quarzsand beſchickten Kulturgefäß waren also immer von 800 bis 400 g Waſſer vorhanden.

Alle übrigen Vegetationsbedingungen waren genau die gleichen wie im Jahre 1867.

Und welches war der Erfolg?

Im Jahre 1867 hatten wir von zahlreichen Variationen unſerer Nährſtoffmiſchung immer zwischen 28 und 35 g Trockensubſtanz geerntet.

Auch im Jahre 1868 wurde die als Einheit betrachtete Nährstoffmischung in zahlreichen Einzelversuchen verschiedentlichst variiert und wir ernteten überall, obgleich hier die Salzmischung eine durchaus andere und obgleich diesmal die Konzentration der im Sande kursierenden Nährstofflösung eine fast dreimal geringere war, wiederum zwischen 27 und 35 g oberirdische Trockensubstanz, also überall ungefähr dieselbe Menge wie im Jahre 1867.

Die unveränderte Einheit unserer Nährstoffmischung brachte in

Kultur- gefäß	Ertrag an Trockensubstanz			
	Körner	Stroh	Spreu	in Sa.
	mg	mg	mg	mg
a.	9428	16 949	4175	30 552

und die Konzentration der Nährstofflösung berechnet sich bei derselben wie folgt:

Kultur- gefäß	hatte erhalten		die Anfangskonzentration der Nährstofflösung betrug mithin
	Salze in Sa.	Wasser	
	mg	g	
a.	2071	800—400	2,6—5,1 d. i. im Mittel 3,9 Prom.

Eine noch weiter getriebene Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit, die wiederum eine noch stärkere Verminderung der Konzentration der Nährstofflösung im Gefolge haben mußte, erwies sich nicht als günstig.

Das Gefäß b. hatte dieselbe Nährstoffmischung wie das Gefäß a. erhalten. Die Wassergaben aber wurden für das erstere auf 90 bis 60 Proz. der wasserhaltenden Kraft des Sandes normiert.

Als Resultat des Versuches fand man:

Kultur- gefäß	Ertrag an Trockensubstanz			
	Körner	Stroh	Spreu	in Sa.
	mg	mg	mg	mg
b.	8391	15 201	3929	27 521

Kultur- gefäß	hatte erhalten		die Anfangskonzentration der Nährstoffmischung betrug mithin
	Salze in Sa.	Wasser	
	mg	g	
b.	2071	900—600	2,3—3,5 d. i. im Mittel 2,9 Prom.

Auch die luxuriöseste Nährstoffzufuhr, die wir uns ohne Gefahr für die Vegetation zu geben getrauten, vermochte nicht die Produktion in einigermaßen entsprechender Weise über das gewöhnliche Niveau zu erhöhen.

Das Gefäß c. hatte als Nährstoffmischung erhalten:

8,0 mg	Äquivalent saures phosphorsaures Kali	=	944 mg
16,0 "	" Chlorkalium	=	1194 "
8,0 "	" Chlornatrium	=	468 "
6,4 "	" schwefelsaure Magnesia	=	384 "
30,0 "	" salpetersauren Kalk	=	2460 "
			in Sa. = 5450 mg

und produzierte Trockensubstanz:

Kultur- gefäß	Körner mg	Stroh mg	Spreu mg	in Sa. mg
c.	11 434	19 211	4940	35 585
	hatte erhalten			
Kultur- gefäß	Salze in Sa. mg	Wasser g	die Anfangskonzentration der Nährstoffmischung betrug mithin	
c.	5450	800—400	6,8—13,6 d. i. im Mittel 10,2 Prom.	

Warum also erntete man im Jahre 1868 trotz der veränderten Nahrungsmischung und trotz der bedeutend verminderten Konzentration der Nährstofflösung nicht besser, als im Jahre 1867?

Wenn Jemand einwenden wollte, daß die drei angeführten Versuchsnummern streng genommen noch nichts für die Nutzlosigkeit der Verminderung der Konzentration der Nährstofflösung beweisen könnten, weil die Nährstofflösung der Nummer c. wohl sichtlich reicher an allen wichtigen Nährstoffen, als die irgend einer Nummer im Jahre 1867, aber auch nicht weniger konzentriert gewesen sei, während andererseits es noch fraglich erscheinen könne, ob nicht in der reduzierten Nährstoffmischung, welche die Nummern a. und b. erhielten, einer oder der andere Nährstoff soweit vermindert war, daß er für eine höhere Produktion überhaupt nicht ausreichte, und in der Nummer b. die aufsergewöhnlich hoch gehaltene Bodenfeuchtigkeit an sich schon ein schädliches Moment bilden konnte, so betrachte er noch die Resultate der folgenden weiteren drei Versuchsnummern.

Das Gefäß d. hatte als Nährstoffmischung erhalten:

3,0 mg	Äquivalent saures phosphorsaures Kali	=	354 mg
1,0 "	" Chlorkalium	=	75 "
2,4 "	" schwefelsaure Magnesia	=	144 "
24,0 "	" salpetersauren Kalk	=	1968 "
			in Sa. = 2541 mg

und lieferte eine Ernte von Trockensubstanz:

Kultur- gefäß	Körner mg	Stroh mg	Spreu mg	in Sa. mg
d.	9725	17 247	4107	31 079

Kultur- gefäß	hatte erhalten		die Anfangskonzentration der Nährstofflösung betrug
	Salze in Sa. mg	Wasser g	
d.	2541	800—400	3,2—6,4 d. i. im Mittel 4,8 Prom.

Versuchsnummer e. hatte erhalten:

1,8 mg	Äquivalent saures phosphorsaures Kali	=	212 mg
0,8 "	" Chlorkalium	=	60 "
1,5 "	" schwefelsaure Magnesia	=	90 "
1,0 "	" salpetersauren Kalk	=	82 "
12,0 "	" salpetersaures Ammoniak	=	960 "
			in Sa. = 1404 mg

und hatte produziert an Trockensubstanz:

Kultur- gefäß	Körner mg	Stroh mg	Spreu mg	in Sa. mg
e.	10 724	14 681	4730	30 135

Kultur- gefäß	hatte erhalten		die Anfangskonzentration der Nährstofflösung betrug
	Salze in Sa. mg	Wasser g	
e.	1404	800—400	1,8—3,5 d. i. im Mittel 2,7 Prom.

Der Nummer f. endlich waren gegeben worden:

2,0 mg	Äquivalent saures phosphorsaures Kali	=	236 mg
1,0 "	" Chlorkalium	=	75 "
1,6 "	" schwefelsaure Magnesia	=	96 "
30,0 "	" salpetersaurer Kalk	=	2460 "
			in Sa. = 2867 mg

und geerntet wurde von derselben an Trockensubstanz:

Kultur- gefäß	Körner mg	Stroh mg	Spreu mg	in Sa. mg
f.	10 416	14 894	4758	30 068

Kultur- gefäß	hatte erhalten		die Anfangskonzentration der Nährstofflösung betrug in dem- selben demnach
	Salze in Sa.	Wasser	
	mg	g	
f.	2867	800—400	3,6—7,2 d. i. im Mittel 5,4 Prom.

Man beachte besonders die zuletzt angezogene Versuchsnummer f.

Dieselbe war in Bezug auf Licht, Luft und atmosphärische Nahrungsmittel genau so günstig situiert, wie die oben erwähnten Versuchsnummern 356 und 357, welche 54,801 g resp. 57,288 g Gersten-Trockensubstanz erzeugt hatten; derselben war zu jeder Zeit das geeignetste Maß von Bodenfeuchtigkeit geboten worden, so daß sie von dem Vorwurfe, den man den Versuchen aus dem Jahre 1867 etwa hätte machen können, sicherlich nicht getroffen wird; die Nummern d. und e., sowie noch eine reiche Anzahl anderer Versuche aus dem Jahre 1868, die wir hier nicht spezieller mitteilen können, bewiesen uns, daß die Nährstoffmischung, welche wir derselben gegeben hatten, sowohl von den sogenannten Mineralstoffen als vom Stickstoff einen gewissen Überschufs enthielt, einen Überschufs, der recht wohl ausgereicht hätte, zwischen 40 und 50 g Weizen-Trockensubstanz zu bilden, und die Versuchsnummer c. hinwiederum zeigt bestimmt, daß dieser Überschufs in keinem Falle so groß war, daß er irgendwie hätte schädlich wirken können; die Nummer e. endlich (Anfangskonzentration der Nährstofflösung = 2,7 Prom.) und c. (Anfangskonzentration = 10,2 Prom.) liefern den unwiderleglichen Beweis, daß die Konzentration der Nährstofflösung, die wir für f. gewählt hatten (Anfangskonzentration = 5,4 Prom.), weder zu niedrig noch zu hoch, sondern durchaus zweckmäßig war, und doch produzierte auch sie nur ähnlich wie die übrigen doch so verschieden ernährten Nummern zirka 30 g Weizen-Trockensubstanz.

Wir wiederholen jetzt die oben gestellte Frage:

Im Jahre 1867 hatte das Gefäß b. genau die doppelte Menge von Nährstoffen erhalten, wie das Gefäß a. und brachte fast genau den doppelten Ertrag,

warum produzierte das Gefäß c., dem man genau den vierfachen Nährstoffzusatz von a. gegeben hatte, nicht wenigstens annähernd viermal mehr Weizen wie a.?

Und wir fügen noch die zwei weiteren Fragen hinzu:

Warum ernteten wir wenigstens nicht im Jahre 1868 von dem

Gefäße f., welches sich in jeder Beziehung unter den denkbar günstigsten Vegetationsbedingungen befand, den Ertrag, den wir zu hoffen berechtigt waren? und

Welche Ursache zog überhaupt in allen unseren Versuchen der Produktion die ziemlich bestimmte Grenze, die wir auf keine Weise erheblich zu überschreiten vermochten?

Wenn also nicht Mangel an Wärme, Licht oder einem atmosphärischen Nahrungsmittel; wenn nicht ungenügende oder überschüssige Bodenfeuchtigkeit; wenn nicht Mangel oder schädlicher Überfluß an irgend einem Nährstoffe; und wenn endlich auch nicht eine unpassende Konzentration der Nährstofflösung die Schuld tragen konnte; — was dann?

Wir vermögen nach Berücksichtigung all des Vorhergesagten einen anderen Grund nicht zu finden, als das mechanische Hindernis, welches das beschränkte Bodenvolumen einer größeren Entwicklung des Wurzelsystems der Versuchspflanzen entgegenstellte, und müssen trotz der uns zu Teil gewordenen Belehrung bis auf weiteres noch dabei verharren:

Unter Umständen, die bei der Sandkultur ganz gewöhnlich vorkommen, kann die Größe des Bodenvolumens, oder allgemeiner ausgedrückt, der Raum zu einer Ursache werden, welche die Entwicklung der Versuchspflanzen beeinflusst und die Höhe der Produktion beschränkt; der experimentierende Agrikulturchemiker wird gut thun, auch auf diesen eventuellen Faktor des Pflanzenwachstums sein Augenmerk zu richten, und hat allen Grund, sich jederzeit volle Gewißheit zu verschaffen, ob und in wie weit derselbe unter den Verhältnissen, unter denen er arbeitet, wirksam werden kann, wenn er nicht öfter in die Gefahr kommen will, gewisse Erscheinungen in seinen Resultaten Ursachen zuzuschreiben, die nicht das Geringste damit zu thun haben.

DRITTER ABSCHNITT.

W ä r m e u n d L i c h t.

Die Nährstoffe, welche einer Pflanze zur Verfügung gestellt werden, vermag dieselbe erst dann zu nutzen und zu verarbeiten, wenn ihr von aussen gleichzeitig auch eine bestimmte Summe von Kraft dauernd zugeführt wird, und die Formen der Kraft, welche die Pflanze zu dieser Arbeit verlangt, sind Wärme und Licht.

Erst wenn die Temperatur der Pflanze und ihrer Umgebung eine bestimmte Höhe erreicht hat, beginnt das Leben der ersteren, und dasselbe erlischt wieder, wenn die Wärme einen zweiten höher gelegenen Grad überschreitet; das Leben der Pflanze ist eng zwischen zwei bestimmten Temperaturgrenzen eingeschlossen.

Aber diese Temperaturgrenzen sind für jede Pflanzenart verschieden, ja sie sind verschieden für jede einzelne physiologische Funktion derselben. So vermögen der Roggen und der Raps schon in einer Temperatur von ungefähr 0° zu keimen, während im Maiskorn erst bei einer Wärme von 9 bis 10° C. ein Lebensanfang sich zeigt. Das Ergrünen der Chlorophyllkörner erfolgt nicht unterhalb 6° C., während die Assimilation der Kohlensäure und Abscheidung des Sauerstoffs durch die grünen Blätter der Grasarten schon von 2° C. an beginnt. Während Raps noch die zur Deckung einer mäfsigen Transpiration nötigen Wassermengen aus einem nahezu 0° kalten Boden aufzunehmen vermag, so erlangen Tabak und Kürbis diese Fähigkeit erst, wenn der Boden höher als 5° C. erwärmt ist. Die Reizbarkeit der Mimosenblätter tritt erst ein, wenn die Temperatur

der umgebenden Luft 15° C. übersteigt, und die periodischen Schwingungen der seitlichen Blättchen von *Hedysarum gyrans* finden erst bei Temperaturen über 22° C. statt*).

In der Nähe dieser untersten Grenzwerte der Temperatur vollziehen sich alle Lebensfunktionen der Pflanze mit außerordentlicher Langsamkeit, mit steigender Temperatur wachsen aber Raschheit und Energie derselben und erreichen bei einem anderen bestimmten Temperaturgrade (dem sogenannten Temperaturoptimum) ihr Maximum. Übersteigt die Temperatur dieses Optimum, so werden die pflanzlichen Lebensäußerungen wieder schwächer (wahrscheinlich weil nun schon abnorme Vorgänge und Zersetzungen in dem Zelleninneren hervorgerufen werden) und hören endlich bei einer dritten oberen Temperaturgrenze ganz auf. Das Temperaturoptimum liegt für die verschiedenen physiologischen Funktionen zwischen 20 und 40° C. Wärme-Intensitäten, die oberhalb 50° C. liegen, wirken vernichtend auf die höher organisierten Pflanzen.

Ähnlich wie mit der Wärme verhält es sich mit dem Lichte. In vollständiger Finsternis vermag keine Pflanze, wenigstens keine chlorophyllhaltige Pflanze, ihr Leben in normaler Weise zu führen. Nur der Keimprozess vollzieht sich auch ohne Licht, vollzieht sich sogar in der Regel besser im Dunkeln, als im Lichte.

Schließt man eine dem Keimleben entwachsene Pflanze vollständig vom Lichte ab, so bildet sie kein Chlorophyll resp. das schon gebildete geht ihr verloren, die Pflanze wird bleich, Stengel und Blätter nehmen eine ganz abnorme Form an, im Inneren der Zellen bilden sich Stoffe, die dem normalen Leben fremd sind und die Pflanze nimmt an Trockengewicht nicht zu, sondern ab.

Der wichtigste Teil der Pflanzenernährung, die Zersetzung der Kohlensäure und die Assimilation des Kohlenstoffs in den chlorophyllhaltigen Zellen ist rein und einzig eine Funktion des Lichtes.

In schwachem, gedämpftem Lichte verläuft dieser Assimilationsprozess matt und träge, steigert sich die Lichtintensität, so verläuft auch der ganze Ernährungsprozess rascher und energischer, aber diese Zunahme der Wachstumsenergie geht nicht bis zu Ende parallel mit der Zunahme der Lichtintensität. Wie es für das Pflanzenleben ein

*) Sachs, Botanik, 4. Aufl., S. 699.

Wärmeoptimum giebt, so giebt es für dasselbe auch ein Optimum der Lichtintensität, das nicht mit dem Maximum zusammenfällt. In einer gemäßigten hellen Beleuchtung erfolgt die Stoffzunahme der Pflanze besser als in dem blendendsten, grellsten Sonnenlichte.

Wärme und Licht sind mithin nicht nur schlechthin absolut notwendig für das Pflanzenwachstum, sondern, wenn eine Pflanze die möglich größte Höhe ihrer Entwicklung erreichen soll, so müssen ihr in allen Vegetationsphasen gerade die günstigsten Mengen von Wärme und Licht zur Verfügung stehen. Fehlen ihr zu irgend einer Zeit einige Grade dieser Wärmemenge oder ein Teil dieser Lichtintensität, so bleibt sie mit ihrer Produktion eben so sicher und eben so weit zurück, als wenn ihr in der Bodennahrung ein Teil des erforderlichen Kalis oder einige Prozente des ihr notwendigen Stickstoffs mangeln.

Wärme und Licht bilden im Vereine mit dem Regenfalle den komplizierten Fruchtbarkeitsfaktor, den man unter die Begriffe Witterung und Klima zusammenfaßt, und es ist leicht verständlich, daß derselbe in der landwirtschaftlichen Praxis die Höhe der Ernten öfter und stärker beeinflusst, als die zufällig gegebene Bodenkraft und die absichtlich gegebene Düngung.

Der Wunsch, bestimmte Größen für die zu den verschiedenen Lebensfunktionen unserer Kulturpflanzen erforderlichen oder günstigsten Wärmemengen und Lichtintensitäten, sowie bestimmte Zahlen für den durch ungünstige Licht- und Wärmeverhältnisse bedingten Ausfall in der Produktion der Gewächse zu suchen, lag mithin nahe genug. Aber Arbeiten in dieser Richtung treffen auf sehr erhebliche Schwierigkeiten und verlangen Einrichtungen und Apparate, wie sie unter unseren Verhältnissen keinesfalls zu beschaffen waren.

Wir mußten also notgedrungen von einem eingehenderen Studium in dieser Richtung absehen und uns mit der ganz gelegentlichen Ausführung einiger möglichst einfachen Versuche und mit der Erörterung einiger Fragen, welche eine ganz spezielle Wichtigkeit für die Methode unserer Sandkulturen hatten, begnügen.

Erstes Kapitel.

Einfluss niedriger Temperaturen auf das Keimen.

Die allgemeine Annahme lautete, dass die untere Temperaturgrenze, bei der die Mehrzahl unserer Kulturpflanzen noch zu keimen vermögen, ungefähr bei 4 bis 5° C. liege.

Einige gelegentlich gemachte Beobachtungen aber hatten uns gezeigt, dass diese Grenze für einzelne Pflanzenarten noch ansehnlich tiefer, vielleicht bis nahe 0° C. zu setzen sei, und wir beschlossen deshalb im Winter 1871 zu 1872 einige Versuche in dieser Richtung in Gang zu setzen.

Die Mitteilung von Uloth, dass er beobachtet habe, wie Weizensamen und Ahornfrüchte, welche durch Zufall in einen Eiskeller gekommen waren, zwischen den Eisblöcken munter keimten, gelangte, während wir mit der Vorbereitung zu unseren Versuchen beschäftigt waren, zu unserer Kenntnis und veranlasste uns, den letzteren noch eine etwas weitere Ausdehnung zu geben, als ursprünglich beabsichtigt war.

Die Einrichtung der Versuche war die denkbar einfachste.

Man nahm die weitesten Glaskulturgefäße, die zur Verfügung standen, füllte dieselben mit Gartenerde, besäte sie in gewöhnlicher Weise mit den zu prüfenden Samenarten, begoss sie mit destilliertem Wasser bis zur Höhe von 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens und stellte sie dann in verschiedenen Räumen auf, welche nach vorhergegangener Prüfung die Erhaltung der gewünschten niedrigen Temperaturen mit nur geringen Schwankungen auch ohne Zuhilfenahme künstlicher Regulierungsvorrichtungen auf längere Zeit hinaus hoffen ließen, und zwar fanden:

Gefäß No. 406 in einem selbst nicht heizbaren, aber zwischen geheizten Zimmern liegenden Raume,

Gefäß No. 407 in einem kleinen durch massive Mauern eingeschlossenen Gelasse im Hausflure,

die Gefäße Nro. 408 und 409 in einem kleinen Vorbaue vor einem flachen unter einer Scheune gelegenen Keller,

die Gefäße Nro. 410, 411 und 412 in diesem Keller selbst und endlich

die Gefäße Nro. 413 und 414 in einem geschützt gelegenen, leeren Stalle ihre Aufstellung. Die Gefäße 413 und 414, welche bestimmt waren, in einer Temperatur von 0° zu verweilen, wurden außerdem in einem Holzkübel plaziert und mit Eisstücken umgeben, die nach Bedürfnis erneuert wurden.

In dieser Aufstellung verblieben die Gefäße ungestört bis zur Beendigung der Versuche (d. h. 35 bis 60 Tage); an verschiedenen Tageszeiten wurden an den Thermometern, welche derart in die Erde jedes Versuchsgefäßes eingesenkt waren, das ihre Kugeln mitten zwischen den eingesäeten Samen standen, die Temperaturen abgelesen und gleichzeitig die Zahl der etwa über der Erde erschienenen Keimpflanzen notiert.

Am Schlusse der Versuche wurden die Keimpflanzen, sowie die ungekeimt gebliebenen Samen sorgfältig aus der Erde ausgewaschen und die erlangte Entwicklung derselben noch genauer festgestellt.

Eine sehr konstante Witterung, anhaltende mäfsige Kälte von Anfang bis zu Ende der Versuche begünstigte die Versuche derart, das die Temperaturschwankungen in den verschiedenen zur Aufstellung der Gefäße benutzten Räumen durchweg erträgliche waren und das das Experiment trotz seiner primitiven Anordnung als gelungen betrachtet werden durfte.

Die speziellen Versuchsergebnisse waren folgende:

a. Laufende Versuchsnummer 406. Durchschnittliche Bodentemperatur $+8,7^{\circ}$ C. Zum Keimen ausgesät: 10 Winterroggen-, 10 Winterweizen-, 10 Gersten-, 15 Hafer-, 10 Mais-, 10 Rübsen-, 10 Lein-, 6 Wicken-, 6 Erbsen-, 3 Pferdebohnen-, 5 Lupinen-, 20 Klee-, 10 Buchweizen-, 10 Spörgel-, 10 Runkelrüben-, 20 Mohrrüben- und 10 Gurkensamen.

Dauer des Versuchs vom 15. Januar bis 26. Februar in Summa 43 Tage.

Datum	Bodentemperatur Januar ° C.	Tage nach der Aussaat	Es erschienen Blattkeime über dem Boden von																
			10 Winterroggen	10 Winterweizen	10 Gersten	15 Hafer	10 Mais	10 Rübsen	10 Lein	6 Wicken	6 Erbsen	3 Bohnen	5 Lupinen	20 Klee	10 Buchweizen	10 Spörgel	10 Runkelrüben	20 Mohrrüben	10 Gurken
15.	+ 7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.	8,0	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17.	7,5	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18.	9,5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.	10,5	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.	9,5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.	7,0	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.	6,0	7	2	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23.	8,5	8	6	—	—	—	—	4	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.	7,5	9	9	1	—	—	—	8	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—
25.	8,0	10	9	5	—	—	—	9	—	6	6	—	—	8	1	5	—	—	—
26.	12,0	11	9	9	6	5	—	9	1	6	6	—	—	10	1	6	—	—	—
27.	10,0	12	9	10	7	12	—	9	6	6	6	—	—	15	1	6	—	—	—
28.	7,5	13	9	10	8	15	—	9	9	6	6	—	—	16	1	7	—	—	—
29.	7,5	14	9	10	8	15	—	9	9	6	6	—	1	17	1	7	—	—	—
30.	8,5	15	9	10	8	15	—	9	9	6	6	—	1	17	1	7	—	—	—
31.	8,0	16	9	10	8	15	—	9	9	6	6	—	1	17	3	7	1	—	—
Februar																			
1.	9,0	17	9	10	8	15	—	9	9	6	6	1	1	17	3	7	6	—	—
2.	10,0	18	9	10	8	15	—	9	9	6	6	2	1	17	3	7	7	2	—
3.	10,0	19	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	10	4	—
4.	7,5	20	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	14	5	—
5.	6,0	21	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	15	8	—
6.	8,5	22	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	18	13	—
7.	9,0	23	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	18	15	—
8.	9,5	24	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	18	15	—
9.	9,0	25	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	18	15	—
10.	9,0	26	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	18	15	—
11.	9,0	27	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	18	15	—
12.	8,0	28	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	18	15	—
13.	8,0	29	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	7	18	15	—
14.	7,0	30	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	?	18	15	—
15.	7,0	31	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	?	18	15	—
16.	8,0	32	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	?	18	15	—
17.	9,0	33	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	1	17	3	?	18	15	—
18.	8,5	34	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	2	17	3	?	18	15	—
19.	7,5	35	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	2	17	3	?	18	15	—
20.	9,5	36	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	2	17	3	?	18	15	—
21.	10,5	37	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	2	17	3	?	18	15	—
22.	10,5	38	9	10	8	15	—	9	9	6	6	3	2	17	3	?	20	15	—
23.	11,0	39	9	10	8	15	1	9	9	6	6	3	2	17	3	?	20	15	—
24.	10,0	40	9	10	8	15	1	9	9	6	6	3	2	17	3	?	20	15	—
25.	10,0	41	9	10	8	15	2	9	9	6	6	3	2	17	3	?	20	15	—
26.	8,0	42	9	10	8	15	2	9	9	6	6	3	2	17	3	?	20	15	—

Von den am Schlusse des Versuchs aus dem Boden ausgewaschenen Keimpflanzen hatten der Winterroggen, Winterweizen, die

Gerste und der Hafer je vier Blätter getrieben und von dem Wurzelansatz bis zu den Blattspitzen eine Länge von 180 bis 205 mm erreicht. Von dem Mais fanden sich außer den zwei in den letzten Versuchstagen noch aus dem Boden gekommenen Keimpflanzen vier Samen, welche neben den schon ziemlich entwickelten Würzeln noch einen ganz kurzen Blattkeim zu Tage gefördert hatten, ferner zwei, welche nur das Würzelehen hervorgetrieben und zwei, welche gar nicht gekeimt hatten. Die Keimpflanzen der Erbsen, Wicken und Bohnen hatten es bis zur Entwicklung des sechsten Blattes gebracht und ein Exemplar der ersteren sogar das siebente Blatt gebildet. Die Länge der Stammaehren betrug bei den Wicken 200 bis 250 mm, bei den Erbsen 240 bis 290 mm und bei den Bohnen 190 bis 270 mm. Die Keimpflanzen des Rübens hatten je zwei Laubblätter und die des Leins nur je ein Blatt außer den Kotyledonen gebildet. Die Pflänzchen von Klee, Lupine, Buchweizen, Runkelrüben und Mohrrüben ließen außer den Kotyledonen keine weiteren Stammorgane erkennen. Die Spörgelpflänzchen waren schon vor Beendigung des Versuchs wieder zu Grunde gegangen und allmählich vollständig verschwunden. Von den Gurken endlich zeigte kein Same auch nur den Beginn der Keimung.

b. Laufende Versuchsnummer 405.

Durchschnittliche Bodentemperatur $+5^{\circ}\text{C}$.

Zur Aussaat gelangten je 10 Samen von Winterroggen, Winterweizen, Gerste, Hafer, Mais, Rüben, Lein, Wicken, Erbsen, Buchweizen, Runkelrüben, Mohrrüben, Spörgel und Kresse.

Dauer des Versuchs vom 24. Januar bis 28. Februar (in Summa 36 Tage).

Datum	Boden- tempe- ratur	Tage nach der Aus- saat	Es erschienen Blattkeime über dem Boden von														
			Winterroggen	Winterweizen	Gerste	Hafer	Mais	Rübsen	Lein	Wicken	Erbsen	Buchweizen	Runkelrüben	Mohrrüben	Spörgel	Kresse	
Januar	°C.																
24.	+ 4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.	5,0	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.	5,0	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27.	5,0	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28.	5,5	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.	4,5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30.	4,5	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31.	5,0	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Februar																	
1.	4,5	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	5,0	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	5,0	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.	4,5	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	4,5	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.	4,5	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	5,0	14	1	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8.	5,5	15	5	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	5,5	16	8	—	—	—	—	9	—	5	—	—	—	—	—	—	—
10.	6,0	17	8	—	—	—	—	10	—	6	3	—	—	—	—	—	—
11.	6,0	18	8	4	—	—	—	10	—	10	8	—	—	—	—	1	—
12.	5,5	19	8	4	—	—	—	10	—	10	10	—	—	—	—	3	—
13.	4,5	20	8	6	1	1	—	10	—	10	10	—	—	—	4	3	—
14.	4,5	21	8	10	3	3	—	10	—	10	10	—	—	—	4	3	—
15.	4,5	22	8	10	7	8	—	10	—	10	10	—	—	—	5	3	—
16.	3,5	23	9	10	8	8	—	10	1	10	10	—	—	—	5	3	—
17.	4,5	24	9	10	8	8	—	10	4	10	10	—	—	—	5	3	—
18.	5,0	25	9	10	8	8	—	10	6	10	10	—	—	—	5	3	—
19.	5,0	26	9	10	8	8	—	10	6	10	10	—	—	—	6	3	—
20.	5,0	27	9	10	8	8	—	10	6	10	10	—	—	—	6	3	—
21.	4,5	28	9	10	8	8	—	10	6	10	10	—	—	—	6	3	—
22.	5,0	29	9	10	8	8	—	10	6	10	10	—	—	—	6	3	—
23.	5,5	30	9	10	9	9	—	10	6	10	10	—	—	—	6	3	—
24.	6,0	31	9	10	9	9	—	10	7	10	10	—	—	—	7	3	—
25.	6,0	32	9	10	9	9	—	10	7	10	10	—	—	1	7	3	—
26.	5,5	33	9	10	9	9	—	10	7	10	10	—	—	1	7	3	—
27.	5,5	34	9	10	9	9	—	10	7	10	10	—	—	2	7	3	—
28.	5,0	35	9	10	9	9	—	10	7	10	10	—	—	2	7	3	—

c. Laufende Versuchsnummern 408 und 409.

Durchschnittliche Bodentemperatur + 3° C.

Zur Aussaat gelangten im Gefäß Nro. 408: 10 Winterroggen-, 10 Winterweizen-, 10 Hafer-, 10 Rübsen-, 10 Lein-, 4 Erbsen-, 2 Pferdebohnen-, 3 Lupinen-, 10 Rotklee-, 10 Mohrrüben-, 10 Spörgel- und 3 Gurkensamen, — im Gefäß Nro. 409: 10 Winterroggen-, 15 Gersten-,

Datum	Bodentemperatur ° C.	Gefäß Nro. 408								Gefäß Nro. 409								
		Blattkeime über dem Boden								Blattkeime über dem Boden								
		Tage n. d. Aussaat	Roggen	Weizen	Hafer	Rübsen	Lein	Erbsen	Bohnen	Klee	Tage n. d. Aussaat	Roggen	Gerste	Rübsen	Wicken	Erbsen	Bohnen	Lupinen	Kresse
Februar																		
16.	2,5	39	10	8	8	7	4	2	2	—	16	—	—	—	—	—	—	—
17.	2,5	40	10	9	8	7	5	2	2	3	17	—	—	—	—	—	—	—
18.	2,5	41	10	9	8	7	5	2	2	3	18	—	—	—	—	—	—	—
19.	3,0	42	10	9	8	7	5	2	2	4	19	—	—	—	—	—	—	—
20.	3,0	43	10	9	8	7	5	2	2	4	20	—	—	—	—	—	—	—
21.	3,0	44	10	9	8	7	5	2	2	4	21	—	—	—	—	—	—	—
22.	3,0	45	10	9	8	7	5	2	2	4	22	—	—	1	—	—	—	—
23.	3,5	46	10	9	8	7	5	2	2	4	23	3	—	4	—	—	—	—
24.	3,5	47	10	9	8	7	5	2	2	4	24	5	—	8	—	—	—	—
25.	3,5	48	10	9	8	7	6	2	2	5	25	7	—	10	—	—	—	—
26.	3,5	49	10	9	8	7	6	2	2	5	26	7	—	10	6	—	—	—
27.	3,0	50	10	9	8	7	6	2	2	5	27	7	—	10	9	—	—	—
28.	3,0	51	10	9	8	7	6	2	2	5	28	7	—	10	12	—	—	—
29.	3,0	52	10	9	8	7	6	2	2	5	29	7	—	10	15	—	—	—
März																		
1.	3,0	53	10	9	8	7	6	3	2	5	30	7	—	10	15	—	—	—
2.	3,0	54	10	9	8	7	6	3	2	5	31	7	—	10	15	—	—	—
3.	3,0	55	10	9	8	7	6	3	2	5	32	7	—	10	15	—	—	—
4.	3,5	56	10	9	8	7	6	3	2	5	33	8	1	10	15	3	—	1
5.	3,5	57	10	9	8	7	6	3	2	6	34	8	2	10	15	3	—	1
6.	3,5	58	10	9	8	7	6	3	2	6	35	8	4	10	15	3	—	1
7.	3,5	59	10	9	8	7	6	3	2	6	36	8	4	10	15	3	—	1
8.	3,0	60	10	9	8	7	6	3	2	6	37	8	6	10	15	4	1	1
9.	3,0	61	10	9	8	7	6	3	2	6	38	8	7	10	15	4	1	1
10.	3,0	62	10	9	8	7	6	3	2	6	39	8	7	10	15	4	1	1
11.	3,0	63	10	9	8	7	6	3	2	6	40	8	9	10	15	5	1	2
12.	3,0	64	10	9	8	7	6	3	2	6	41	8	10	10	15	5	2	2
13.	3,5	65	10	9	8	7	6	3	2	6	42	8	11	10	15	5	2	2
14.	3,5	66	10	9	8	7	6	3	2	6	43	8	11	10	15	5	2	3

Die Samen des mit ausgesäeten Mais, Buchweizens und Spörgels, sowie der Runkelrüben, Mohrrüben und Gurken brachten während der ganzen Dauer des Versuchs keinen Blattkeim über die Erde und wurden deshalb aus der vorstehenden Keimtablelle einfach fortgelassen.

An den ans Gefäß Nro. 409 ausgewaschenen Keimpflanzen wurden folgende Längen in Millimetern gemessen:

8 Pflänzchen von Winterroggen (2 Samen nicht gekeimt und verdorben).

Länge der Wurzelfasern,	des Blattkeims
32, 65, 68, 96, 114	122
3, 28, 52, 132	109
34, 50, 54, 124	119
19, 57, 70	109
21, 48, 83	44
34, 41, 62	98
32, 53, 82	93
16, 56	94

11 Pflänzchen von Gerste (4 Samen ungekeimt).

Länge der Wurzelfasern,	des Blattkeims
34, 64, 59, 77, 103, 115	89
3, 35, 55, 84, 84, 105	81
25, 61, 70, 78, 79, 88	93
29, 29, 45, 56, 67, 82	101
22, 71, 71, 74, 94, 104	80
13, 34, 47, 54, 54, 70	75
26, 48, 73, 82, 116	94
23, 50, 67, 76, 89	98
11, 48, 71, 75, 98	87
17, 22, 22, 49, 61	54
17, 25, 30, 59	57

Länge der Pfahlwurzeln, des Blattkeims

	126	116
	110	121
	128	118
	133	103
	138	105
14 Pflänzchen von Wicken	88	113
(1 Same ungekeimt)	115	103
	123	101
	109	95
	120	97
	105	97
	146	102
	89	109
	138	121
	135	70
	92	80
5 Pflänzchen von Erbsen	162	85
	130	80
	170	90

Länge der Pfahlwurzeln, des Blattkeims		
3 Pflänzchen von Bohnen	48	57
	74	53
	57	35
10 Pflänzchen von Lupinen	27	24
	23	25
	23	28
	28	25
	23	27
	26	32
	24	27
	23	32
	24	16
3 Pflänzchen von Kresse (3 Samen gekeimt, aber ver- krüppelt und nicht meßbar; 4 Samen verdorben)	19	40
	25	24
	17	41

d. Laufende Versuchsnummern 410, 411 und 412.

Durchschnittliche Bodentemperatur $+ 2^{\circ}$ C.

Zur Aussaat gelangten in Gefäß Nro. 410: je 10 Samen von Winterroggen, Winterweizen, Gerste und Hafer, ferner 5 Erbsen, 3 Pferdebohnen und 3 Lupinen; in Gefäß Nro. 411: je 10 Samen von Rübsen, Lein, Klee, Mohrrüben, Spörgel und 5 Erbsen; in Gefäß No. 412: je 10 Samen von Winterroggen, Winterweizen, Gerste, Hafer, ferner 2 Bohnen und 5 Lupinen. (Die in das Gefäß Nro. 412 eingebrachten Samen waren vor der Aussaat zum Anquellen 36 Stunden lang in Eiswasser eingelegt worden.)

Dauer des Versuchs vom 8. Januar bis 21. Februar (in Summa 44 Tage).

		Es erschienen Blattkeime über dem Boden																		
Datum	Bodentemperatur Tage nach d. Aussaat	in Gefäßs Nro. 410						in Gefäßs Nro. 411					in Gefäßs Nro. 412							
		Winterroggen	Winterweizen	Gerste	Hafer	Erbsen	Bohnen	Lupinen	Rübsen	Lein	Erbsen	Klee	Mohrrüben	Spörgel	Winterroggen	Winterweizen	Gerste	Hafer	Bohnen	Lupinen
Januar	° C.																			
8.	+ 2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	2,5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	3,0	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.	3,0	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12.	2,0	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13.	2,5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14.	2,0	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.	2,5	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.	0	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17.	2,5	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18.	0,5	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.	1,5	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.	2,0	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.	2,0	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.	2,0	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23.	2,0	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.	1,5	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.	2,5	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.	2,0	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27.	2,0	19	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28.	2,0	20	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.	2,0	21	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30.	2,0	22	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31.	2,0	23	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Februar																				
1.	2,0	24	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
2.	2,0	25	—	—	—	—	—	—	7	—	1	—	—	—	2	—	—	—	—	—
3.	2,0	26	—	—	—	—	—	—	8	—	1	—	—	—	3	3	—	—	—	—
4.	1,0	27	—	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	—	4	4	—	—	—	—
5.	1,0	28	—	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	—	4	4	—	—	—	—
6.	1,0	29	2	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	—	4	4	—	—	—	—
7.	1,5	30	3	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	—	5	5	—	—	—	—
8.	2,0	31	6	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	—	5	5	—	—	—	—
9.	2,5	32	7	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	—	5	5	—	—	—	—
10.	2,5	33	8	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	1	5	6	—	—	—	—
11.	2,5	34	9	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	2	6	6	—	—	—	—
12.	2,0	35	9	—	—	—	—	—	9	—	1	—	—	3	6	7	—	—	—	—
13.	1,0	36	9	2	—	—	—	—	9	—	2	—	—	4	7	8	—	—	—	—
14.	0,5	37	9	2	—	—	—	—	9	—	2	—	—	4	7	8	—	—	—	—
15.	1,0	38	9	2	—	—	—	—	9	—	2	—	—	4	8	8	2	—	—	—
16.	0,5	39	9	2	—	—	—	—	9	—	2	—	—	4	8	9	3	4	—	—
17.	1,5	40	9	3	—	—	—	—	9	—	2	—	—	4	9	9	4	4	—	—
18.	1,0	41	9	3	—	—	—	—	9	—	2	—	—	4	9	9	4	5	—	—
19.	1,5	42	9	3	—	—	—	—	9	—	2	—	—	4	9	9	4	6	—	—
20.	2,0	43	10	5	1	—	—	—	9	—	2	—	—	4	9	9	4	6	—	—
21.	1,5	44	10	7	1	—	—	—	9	—	2	—	—	4	9	9	4	6	—	—

An den nach Beendigung des Versuchs aus dem Boden gewaschenen Keimpflänzchen wurden folgende Längen in Millimetern festgestellt.

Aus dem Gefäße No. 410:

10 Pflänzchen von Winterroggen:

Länge der Wurzelfasern,	des Blattkeims
6, 10, 39, 44	38
22, 29, 44, 90	58
7, 37, 40, 84	42
6, 2, 17, 44	33
23, 51, 90	48
1, 11, 14	29
15, 29, 68	51
23, 31, 68	41
29, 53, 68	42
7, 65	43

10 Pflänzchen von Winterweizen:

13, 13, 53	33
1, 1, 68	35
34, 49, 37	33
43, 43, 79	29
65, 10, 55	47
17, 28, 62	39
11, 19, 72	28
2, 18, 59	26
7, 7, 62	23
4, 12	10

8 Pflänzchen von Gerste (zwei Samen waren nicht gekeimt):

5, 24, 36, 43, 43, 56	14
7, 23, 41, 45, 55, 61	21
12, 33, 43, 57, 64	22
23, 39, 40, 51, 4	20
21, 32, 54, 57, 68	30
22, 29, 64, 64, 66	29
24, 53, 51, 59, 72	19
18, 40, 52, 62, 68	24

10 Pflänzchen von Hafer:

16, 34, 36, 52	29
5, 33, 32, 49	32
9, 36, 36, 57	29
9, 33, 34, 59	27
10, 35, 41, 64	33
15, 39, 43, 65	30
23, 31, 46	18
3, 5, 36	10
29, 29, 35	11
14, 15, 29	7

5 Pflänzchen von Erbsen:

Länge der Pfahlwurzel,	des Blattkeims
84	18
58	16
27	15
60	15
65	11

3 Bohnenpflänzchen:

21	0
33	0
30	0

3 Lupinenpflänzchen:

26	0
26	0
25	0

Aus dem Gefäße Nro. 411:

9 Pflänzchen von Rübsen (ein Same verdorben):

Länge der Wurzel,	des Blattkeims
20	32
20	24
21	38
22	24
22	37
46	40
26	37
18	24
10	35

2 Pflänzchen von Lein (acht Samen waren nicht gekeimt):

18	0
34	0

2 Erbsenpflänzchen (drei Samen nicht gekeimt):

31	0
56	12

6 Kleepflänzchen (vier Samen verschwunden):

2	2
2	2
5	3
8	3
9	3
8	3

8 Pflänzchen von Spörgel (zwei Samen nicht gekeimt):

12	19
2	7
4	13
5	13
21	18
12	17
6	10
6	8

Von den mit ausgesäeten 10 Mohrrübensamen zeigte kein einziger eine Spur von Keimung.

Die Blattkeime des Rübens und des Klees bestanden nur aus dem hypokotylen Stengelgliede und den Kotyledonen.

Endlich aus dem Gefäße Nro. 412.

10 Pflänzchen von Winterroggen :

Länge der Wurzelfasern,	des Blattkeims
89, 58, 47, 31	44
64, 32, 5, 3	50
84, 63, 45, 43	45
82, 42, 39, 28	41
91, 40, 23, 12	39
81, 26, 23, 7	40
61, 39, 25	45
76, 30, 20	40
56, 37, 24	37
60, 43, 13	38

10 Pflänzchen von Winterweizen :

40, 30, 26	29
77, 2, 1	33
74, 29, 32	20
67, 23, 25	24
73, 26, 24	22
49, 26, 4	21
49, 2, 1	23
14, 27, 26	19
48, 38, 28	20
44	25

9 Pflänzchen von Gerste (ein Same nicht gekeimt) :

30, 42, 41, 59, 56, 68	22
15, 37, 43, 43, 55, 79	23
19, 33, 43, 51, 63, 74	23
7, 28, 31, 33, 44, 48	17
10, 35, 35, 50, 60, 70	15
16, 30, 40, 40, 62, 62	19
41, 46, 66, 68, 71	20
5, 19, 22, 25, 48	10
25, 33, 36, 58, 63	19

10 Pflänzchen von Hafer :

59, 40, 32, 9	10
45, 32, 31, 10	17
51, 35, 30, 7	11
53, 30, 30, 9	13
61, 38, 32, 1	13
40, 21, 18	12
57, 35, 34	10
57, 33, 31	12
51, 26, 28	10
43, 21, 8	10

3 Lupinenpflänzchen (zwei Samen ungekeimt verfault):	Länge der Wurzel,	des Blattkeims
	23	0
	26	0
	13	0
2 Bohnenpflänzchen:	21	0
	11	0

e. Laufende Versuchsnummern 413 und 414.

Durchschnittliche Bodentemperatur 0° C.

Zur Aussaat gelangten im Gefäße Nro. 413: je 10 Samen von Winterroggen, Winterweizen, Gerste und Hafer, ferner 2 Bohnen-, 5 Lupinen- und 3 Gurkensamen. (Die Samen von Bohnen, Lupinen und Gurken wurden 36 Stunden vor der Aussaat zum Anquellen in Eiswasser gelegt.) — In das Gefäß Nro. 414 wurden gesät: 10 Samen von Winterroggen, 10 von Gerste, 10 von Mais, 10 von Rüben, 10 von Lein, 10 von Wicken, 5 von Erbsen, 5 von Lupinen, 20 von Klee, 10 von Buchweizen, 10 von Runkelrüben, 10 von Mohrrüben, 10 von Spörgel und 10 von Gurken.

Dauer des Versuchs { in Gefäß Nro. 413 vom 6. Jan. bis 15. Febr. (in Sa. 41 Tage)
 „ „ „ 414 „ 23. „ „ 5. März („ „ 43 „).

Die an den Thermometern abgelesenen Bodentemperaturen waren folgende:

Datum	Nr. 413.	Nr. 414.	Datum	Nr. 413.	Nr. 414.	Datum	Nr. 413.	Nr. 414.
Januar	° C.	° C.	Januar	° C.	° C.	Februar	° C.	° C.
6.	0	—	27.	0	0	15.	0	+ 0,5
7.	0	—	28.	0	0	16.	—	— 0,5
8.	+ 0,5	—	29.	0	0	17.	—	0
9.	0	—	30.	0	0	18.	—	0
10.	0	—	31.	0	0	19.	—	+ 0,5
11.	0	—				20.	—	0
12.	0	—	Februar			21.	—	0
13.	+ 0,5	—	1.	0	0	22.	—	+ 0,5
14.	0	—	2.	0	0	23.	—	0
15.	+ 1,0	—	3.	0	0	24.	—	0
16.	— 0,5	—	4.	0	0	25.	—	0
17.	+ 1,0	—	5.	0	0	26.	—	0
18.	0	—	6.	0	0	27.	—	0
19.	— 0,5	—	7.	0	0	28.	—	0
20.	0	—	8.	0	0	29.	—	0
21.	— 1,0	—	9.	0	0			
22.	+ 0,5	—	10.	0	0	März		
23.	0	0	11.	0	0	1.	—	0
24.	0	0	12.	0	0	2.	—	0
25.	0	0	13.	0	0	3.	—	0
			14.	+ 0,5	+ 0,5	4.	—	+ 1,0

Keine einzige Keimpflanze durchbrach hier während der Dauer des Experimentes den Boden. Als aber beim Schlusse des Versuchs genauer nachgesucht wurde, fand sich, dafs sich auf der Oberfläche des Bodens eine zwar dünne, aber hart zusammengefrorene Kruste gebildet hatte, und als diese sorgfältig entfernt wurde, zeigte sich sofort eine Anzahl Blattkeime, besonders vom Winterroggen, die offenbar die Kruste nicht nur erreicht, sondern sich an derselben gestofsen und umgebogen hatten.

An den darauf aus dem Boden gewaschenen Keimpflänzchen wurde gemessen in Millimetern:

Aus Gefäfs Nro. 413

8 Pflänzchen von Winterroggen (zwei Samen nicht gekeimt):

Länge der Wurzelfasern,	des Blattkeims
36, 25, 12, 4	21
40, 23, 12	13
41, 15	13
35, 7	17
26, 12	15
24, 7	13
12, 5	5
13, 6	8

10 Pflänzchen von Winterweizen:

27, 5, 5	7
29, 8, 5	7
22, 2, 1	6
12, 2, 1	7
27, 3, 4	4
20, 2, 1	7
18, 2, 2	5
20, 1, 1	5
23, 2	6
25, 1	6

9 Pflänzchen von Gerste (ein Same nicht gekeimt):

22, 19, 20, 11, 5	0
23, 15, 5, 4	0
24, 20, 16, 7	0
18, 18, 11, 7	0
16, 13, 12, 7	0
20, 15, 14, 6	0
13, 9, 4	0
16, 8, 6	0
10, 7, 6	0

9 Pflänzchen von Hafer (ein Same nicht gekeimt):

Länge der Wurzelfasern,	des Blattkeims
18, 9, 1	0
14, 9, 7	0
20, 10, 10	0
16, 8, 8	0
19, 8, 7	0
18, 10, 9	0
18, 9, 8	0
16, 9, 7	0
7	0

2 Bohnenpflänzchen:

Länge der Pfahlwurzel,	des Blattkeims
15	0
14	0

2 Lupinenpflänzchen (drei Samen waren ohne zu keimen verfault):

12	0
9	0

An den drei Gurkensamen war keine Spur von Keimung zu bemerken.

Aus Gefäßs Nro. 414.

10 Pflänzchen von Winterroggen:

Länge der Wurzelfasern,	des Blattkeims
35, 20, 18, 10	4
33, 15, 5, 1	18
35, 27, 19, 13	10
35, 26, 14	24
34, 15, 6	12
27, 14, 7	16
36, 19, 5	18
28, 3	10
29, 13	20
2	0

8 Pflänzchen von Gerste (zwei Samen nicht gekeimt):

45, 50, 22, 15, 10	0
19, 14, 11, 5	0
11, 10, 8, 4	0
9, 6, 3, 2	0
4, 3, 2, 2	0
9, 6, 6	0
13, 7	0
4	0

10 Pflänzchen von Rübsen :

Länge der Wurzel,	des Blattkeims
13	12
18	13
16	18
18	17
7	16
8	6
11	18
15	16
16	11
17	13

10 Pflänzchen von Wicken :

21	10
14	14
19	10
6	0
22	15
20	14
15	12
16	8
19	12
9	0

5 Pflänzchen von Erbsen :

33	0
33	0
35	0
26	0
6	0

1 Lupinepflänzchen (vier Samen ungekeimt verfault) :

8	0
---	---

Von den 20 ausgesäten Kleekörnern wurden zwölf wiedergefunden, welche ihr Würzelehen aus der Samenschale hervorgetrieben hatten, jedoch hatten sie ohne Ausnahme dasselbe nicht weiter, als bis zu einer Länge von zirka 1 mm zu fördern vermocht.

Von den mit ausgesäten Samen des Mais, des Leins, des Buchweizens, der Runkelrübe, der Mohrrübe, des Spörgels und der Gurke zeigte keiner eine Spur von Keimung.

Die Vermutung, daß verschiedene Arten unserer Kulturpflanzen noch bei einer Temperatur, die erheblich unter 4° liegt, zu keimen vermögen, wurde zunächst durch diese Versuche entschieden bestätigt, und zwar

zeigte sich der Winterroggen als diejenige Getreideart — und sogar allgemeiner als diejenige von allen zum Experiment herangezogenen Pflanzenarten —, welche die geringste Wärmemenge für den Keimungsprozess beanspruchte.

Der Winterroggen keimte bei einer Temperatur von 0° — oder richtiger in einer Temperatur von nahezu 0° , die nur ein paar Male bis höchstens $+1^{\circ}\text{C}$. schwankte — vollkommen normal, und diese Wärme genügte ihm, seinen Blattkeim so gut wie seinen Wurzelkeim in langsamem Tempo ungestört weiter zu entwickeln. (Diese Thatsache erklärt leicht die in der Praxis häufig zu beobachtende Erscheinung, daß Winterroggen, der erst kurz vor dem Einwintern gesät ist, beim Auftauen trotz der noch immer niedrigen Temperatur überraschend schnell und gleichmäßig aufgeht, und in kurzer Zeit das Feld grün macht.)

Dem Winterroggen ziemlich nahe stellte sich in seinem Verhalten der Winterweizen, jedoch zeigte er sich entschieden wärmebedürftiger als jener. Auch er vermochte noch bei einer Temperatur sehr nahe 0° sowohl den Blatt- als den Wurzelkeim normal zu entwickeln, jedoch verlief diese Entwicklung entschieden langsamer, als beim Roggen. In der Zeit von zirka sechs Wochen hatten den Blattkeim entwickelt bei einer Mitteltemperatur von 2°C .:

20 Roggensamen im Durchschnitt à 42 mm lang,
20 Weizensamen „ „ „ 27 „ „

bei einer Mitteltemperatur von zirka 0°C .

18 Roggensamen im Durchschnitt à 13 mm lang,
10 Weizensamen „ „ „ 6 „ „

Schon höhere Ansprüche an Wärme machten die beiden Sommergetreide, Gerste und Hafer. Bei einer Mitteltemperatur von 2°C . entwickelten innerhalb ungefähr sechs Wochen den Blattkeim:

17 Gerstensamen im Durchschnitt à 20 mm lang,
20 Hafersamen „ „ „ 17 „ „

Bei einer Mitteltemperatur von nahezu 0° aber brachten beide nur den Wurzelkeim zu einiger Entwicklung, während sie den Blatt-

keim im Verlaufe von sechs Wochen noch nicht aus der Samenschale hervorzutreiben vermochten. Dafs aber auch der letztere nicht gänzlich unthätig und leblos geblieben war, bewies die mikroskopische Untersuchung der nach Beendigung des Versuches angefertigten Durchschnitte der benutzten Samen, welche zeigten, dafs sich der Blattkeim innerhalb der Spelzen bei den Gerstenkörnern um das $1\frac{1}{2}$ - bis fast das Dreifache — im Mittel um das Doppelte —, und bei den Haferkörnern um das $2\frac{1}{2}$ - bis reichlich Dreifache — im Mittel um das 2,7fache — verlängert hatte.

(Es wäre gewifs nicht ohne Interesse, in der gleichen Richtung einmal das Verhalten der drei Varietäten Sommerroggen, Sommerweizen und Wintergerste vergleichend zu prüfen.)

Am meisten Wärme verlangt offenbar unter den Getreidearten der Mais zum Keimen, in dessen Samen bei sechswöchentlichem Verweilen in einer Mitteltemperatur von $+ 5^{\circ}$ C. sich noch nicht die Spur einer Keimthätigkeit regte, und der selbst bei einer Durchschnittstemperatur von $+ 8,7^{\circ}$ C. nur träge und unvollkommen keimte.

Von den Ölfrüchten zeigte sich der Lein entschieden empfindlicher als der Rübsen.

Der letztere vermochte das Würzelchen sowohl als den Blattkeim noch bei einer Durchschnittstemperatur von nahezu 0° frei zu entwickeln, scheint aber zu dem weiteren Wachstume höhere Wärmegrade zu fordern. Wenigstens hatten die Rübsenpflänzchen bei einer Durchschnittstemperatur von $+ 3^{\circ}$ C. neben den Kotyledonen innerhalb reichlich neun Wochen kein neues Blattorgan zu bilden vermocht und in einer Durchschnittswärme von $+ 8,7^{\circ}$ C. während 35 Tagen nur je zwei Laubblätter erzeugt, während unter denselben Verhältnissen die Cerealien vier und die verschiedenen Leguminosen sogar sechs Blätter gebildet hatten. (Dafs die jungen Keimpflänzchen des Rübsens immer sehr früh schon — ja teilweise zu allererst — aus dem Boden herauskamen, ändert an diesen Schlüssen nichts, sondern erklärt sich einfach dadurch, dafs die Rübsensamen wegen ihrer geringen Korngröfse viel flacher als die meisten anderen Samen in den Boden eingesät worden waren.)

Die Leinsamen dagegen keimten bei einer Durchschnittstem-

peratur von 0° noch gar nicht, vermochten in einer Wärme von $+ 2^{\circ}$ C. innerhalb sechs Wochen nur den Wurzel-, nicht aber auch den Blattkeim hervorzutreiben, und hatten bei einer Durchschnittstemperatur von $+ 8,7^{\circ}$ C. in 35 Tagen neben den Kotyledonen nur ein einziges Laubblatt gebildet.

Von den schmetterlingsblütigen Gewächsen reichten die Wicken mit der geringsten Wärme aus; sie waren von den Leguminosensamen die einzigen, welche in einer Mitteltemperatur von nahe 0° nicht nur die Wurzel, sondern auch den Blattkeim bis zu einiger Länge und zwar innerhalb sechs Wochen bis zu durchschnittlich 10 mm zu entwickeln vermochten.

Die Erbsen und der Klee brachten es erst in einer Durchschnittswärme von $+ 2^{\circ}$ C. ebensoweit, und die Bohnen und Lupinen bedurften eine mittlere Wärme von mindestens $+ 3^{\circ}$ C., um außer der Wurzel auch noch den Blattkeim aus der Samenschale zu entfalten.

Von den übrigen mit zu dem Versuche herangezogenen Samenarten zeigte bei 0° Wärme innerhalb einer Zeit von sechs Wochen keine einzige eine Lebensäußerung. Bei einer Mitteltemperatur von $+ 2^{\circ}$ C. aber vermochte der Spörgel normal zu keimen und entwickelte, wenn auch langsam, sowohl den Wurzel- als den Blattkeim.

Die niedrigste Keimtemperatur für die Mohr- und Runkelrüben ist aus den Versuchen nicht mit Sicherheit abzuleiten, doch dürfte sie vermutlich für die ersteren in der Nähe von $+ 3^{\circ}$ C. und für die letzteren etwa bei 5° C. zu suchen sein.

Das Verhalten des Buchweizens verdient keine Berücksichtigung, da, wie wir uns durch einen Keimversuch in höherer Temperatur überzeugten, ein großer Prozentsatz der von uns benutzten Samen dieser Pflanzenart überhaupt nicht keimfähig war.

Die höchste Wärmemenge von allen hier in Betracht gezogenen Samenarten erforderten endlich die Gurken, welche selbst bei einer Durchschnittstemperatur von $+ 8,7$ C. noch kein Zeichen einer erwachenden Lebensthätigkeit bemerken ließen.

Da mehr als eine Erscheinung innerhalb dieser Versuche auf das Bestehen einer (wie wir wohl wissen auf Grund anderer Versuche sonst gelegneten) Proportionalität zwischen der Zeit, welche der Keimprozess beanspruchte und der Temperatur, innerhalb welcher sie verlief, hinzudeuten schien, so wurde beschlossen, dieser Frage durch einige neue Versuchsreihen noch einmal näher zu treten. Diese Versuche wurden auch in einem der nächsten Jahre begonnen, blieben aber aus hier nicht näher zu erörternden Gründen unvollendet.

Schließlich sei es noch gestattet, darauf hinzuweisen, dass die im Jahre 1875 von Haberlandt*) veröffentlichten Versuche über die niedrigsten Keimtemperaturen der Kulturpflanzen bei nicht wenigen Pflanzenarten zu wesentlich anderen Resultaten führten, als die unsrigen. Wir gestehen, dass wir in dem Bewusstsein aller der Unvollkommenheiten, die der von uns angewandten Methode anklebten, eine Zeit lang schwankten, ob wir mit Rücksicht hierauf die Veröffentlichung dieser Versuchsreihen nicht lieber ganz unterlassen sollten. Die Erkenntnis aber, dass ein innerer Widerspruch in unseren sich selbst mehrfach kontrollierenden Resultaten nirgends hervortritt, ließ uns zuletzt für die Mitteilung derselben entscheiden. Vielleicht, dass sich irgendwer einmal gemüßigt findet, durch nochmalige Prüfung diese Differenzen zu entscheiden und es aufzuklären, wie weit dieselben etwa durch die Verschiedenheit der Methode, oder der Pflanzenvarietäten, oder der Samenqualitäten veranlaßt sind.

*) Wissenschaftlich praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Herausgegeben von Haberlandt. I (1875). S. 117.

Zweites Kapitel.

Einfluss verschiedener konstanter Bodentemperaturen auf die Entwicklung der Pflanzen.

In der freien Natur wirken die direkten Sonnenstrahlen und die Luftwärme nur auf die Oberfläche des Bodens. Veränderungen in der Temperatur der Atmosphäre teilen sich dem Boden deshalb nur langsam mit und dringen, wenn sie nicht lange in einer bestimmten Richtung anhalten, wie z. B. die großen jährlichen Schwankungen, überhaupt nicht tief in die Erde ein. Von dem kurzen, oft sehr scharfen Wechsel zwischen Morgen-, Mittags- und Abendtemperatur ist schon in einer Bodentiefe von 20 bis 30 cm eigentlich nur noch ein Schatten zu spüren und der größere Teil der Wurzeln aller im Freien vegetierenden Pflanzen befindet sich in Folge davon dauernd in einer gemäßigten und im Gegensatz zu dem oberirdischen Teile ziemlich gleichmäßigen Temperatur.

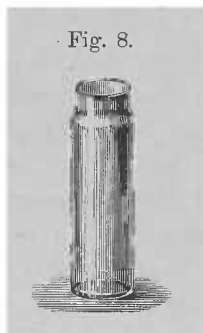
Ganz anders stellten sich die Verhältnisse bei unseren Versuchspflanzen. Die geringe Bodenmasse, in der dieselben wachsen mußten, würde in einem verhältnismäßig hohen cylindrischen Gefäße von kleinem Durchmesser frei an die Luft gestellt. Selbst wenn man die Gefäße vor den direkten Sonnenstrahlen nach Möglichkeit schützte, so wirkte doch die Luftwärme hier nicht nur auf die Oberfläche, sondern gleichzeitig auf die ganze, viel größere Fläche des Cylindermantels. Die Bodenwärme mußte hier immer in kurzer Zeit der Luftwärme folgen und sich mit derselben auszugleichen streben, und die Wurzeln der Versuchspflanzen waren dadurch gezwungen, Wärmeschwankungen auszuhalten, von denen die Feldpflanzen niemals betroffen werden.

Die Frage, inwieweit diese Abnormität in dem Gange der Bodentemperatur fähig sei, eine schädliche Einwirkung auf die Entwicklung unserer Versuchspflanzen im allgemeinen und auf deren Massenproduktion im besondern auszuüben, erhielt für uns in Rücksicht auf

unsere Kulturmethode eine hervorragende Wichtigkeit und wurde Veranlassung, daß Herr Dr. von Bialoblocki es unternahm, zunächst den Einfluß verschiedener konstanter Bodentemperaturen auf das Wachstum einiger Kulturpflanzen in einer selbständigen Arbeit zu prüfen, deren Resultate er in: „Die landwirtschaftlichen Versuchstationen,“ Band XIII., S. 424 folg., veröffentlichte.

Man wird es entschuldigen, wenn wir hier des Zusammenhanges wegen das Wesentliche aus dieser Arbeit auszugsweise rekapitulieren.

In zehn kleine Glasgefäße von nebenstehender Form, 26 cm hoch (exkl. Hals) und 8 cm im Durchmesser, wurde gereinigter Quarzsand gefüllt. (Da der übrigen Einrichtung der Versuche wegen diese Versuchsgefäße nicht wie gewöhnlich ein Loch in dem Boden haben durften, so wurde die Beschickung derselben in der Art bewirkt, daß man zunächst eine 2 bis 3 cm hohe Schicht kleiner Quarzstückchen einbrachte, in diese eine Glasröhre von der ungefähren Länge der Kulturgefäße senkrecht hineinstellte, dann die Steinschicht mit einer Lage Baumwolle bedeckte und auf diese zuletzt den Sand auffüllte. Die Glasröhre, welche so-



mit eben über die Oberfläche des Sandes hervorragte und die Kommunikation der unteren Steindrainage mit der äußeren Atmosphäre durch den Sand hindurch vermittelte, ermöglichte eine leichte und gleichmäßige Verteilung resp. Cirkulation der gegebenen Bodenfeuchtigkeit in ganz erfolgreicher Weise und ersetzte die fehlende Öffnung im Boden der Gefäße vollständig.) Jedem Kulturgefäße gab man dann ein Thermometer bei, dessen Kugel 5 cm tief in den Sand versenkt wurde.

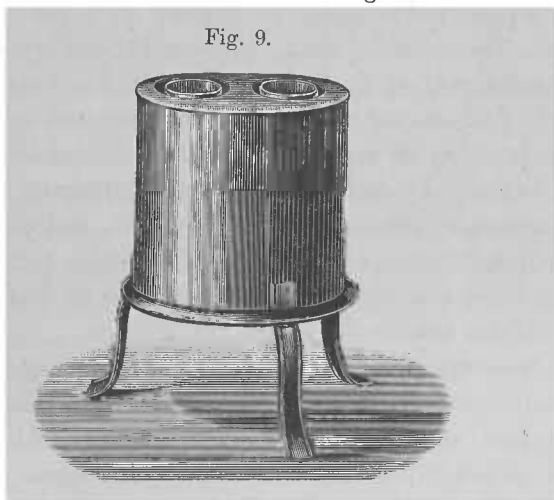
Als Nährstoffmischung wurden dem Sande zugesetzt:

1,00 mg-Aequiv.	=	136,1 mg	saures phosphorsaures Kali	($2\text{H}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, \text{P}_2\text{O}_5$)
2,00 "	=	149,2 "	Chlorkalium	(KCl)
0,40 "	=	24,0 "	schwefelsaure Magnesia	(MgOSO_3)
5,00 "	=	410,0 "	salpetersaurer Kalk	(CaONO_2) und
0,02 "	=	1,6 "	Eisenchlorid	(Fe_2Cl_3)

In dem so hergerichteten Boden wurden pro Kulturgefäße je zwei Gerstenkörner ausgesät, deren absolute Schwere zwischen 40

und 45 mg lag und die man vorher in destilliertem Wasser soweit angekeimt hatte, dafs das Würzelchen in Länge von einigen Millimetern aus der Samenschale herausgetreten war.

Zur Herstellung und Erhaltung der gewünschten konstanten Bodentemperaturen wurden die so hergerichteten Kulturgefäße in Wasserbäder eingesetzt. Für die höheren Temperaturen (von 20° inkl. aufwärts) dienten als solche Wasserbäder geräumige, mit Füßen versehene und mit Wasser gefüllte, ungefähr 30 l fassende Blechwannen, die genau die Höhe der Kulturgefäße hatten und mit einer dicken Schicht von Wollzeug als schlechtem Wärmeleiter umhüllt waren. Die in dem Deckel der Wanne und für die Aufnahme des Halses der Kulturgefäße bestimmten Öffnungen waren nach Möglichkeit genau der Weite des letzteren angepaßt und etwa noch bleibende kleine Zwischenräume wurden während des Ganges der Versuche sorgfältig mit Baumwolle verstopft, einesteils um eine einseitige Abkühlung bestens zu vermeiden, anderseits um die Pflanzen vor aufsteigenden Wasserdämpfen zu schützen. Fig. 9.



Zur Erwärmung dieser Wasserbäder wurden gewöhnliche kleine Petroleumlampen mit doppeltem Luftzuge und Cylinder benutzt, die sich leicht regulieren ließen und auf längere Zeit hin befriedigende gleiche Wärmequantitäten lieferten.

Es gelang mit Hilfe dieser Einrichtung, beliebig hohe Temperaturen im Boden während der ganzen Vegetationszeit der Versuchs-

pflanzen zwar nicht ganz konstant, aber so zu erhalten, daß die Schwankungen stets in mäßigen Schranken verblieben. Die beobachteten Abweichungen von den beabsichtigten konstanten Wärme-graden betrug in maximo 3° C. nach oben und nach unten, und konnten, da die Mitteltemperaturen der Einzelversuche immer je 10° C. auseinanderlagen, ohne Beeinträchtigung der Resultate ertragen werden.

Zur Herstellung der niedrigeren Bodentemperaturen (unterhalb 20° C.) wurden die Kulturgefäße in Holzwanne eingesetzt, die den Blechwanne ähnlich konstruiert waren. Man füllte diese mit Wasser und brachte das letztere durch Eiszusatz auf die beabsichtigte niedere Mitteltemperatur.

Genügte diese einfachen Einrichtungen im allgemeinen ihrem Zwecke, so stellte sich doch im Verlaufe der Versuche noch ein Übelstand heraus, der, wenn er auch nicht von erheblich schädlichem Einflusse war, doch erwähnt werden soll. Dieser Übelstand bestand darin, daß die oberste Bodenschicht nicht auf ganz gleicher Temperatur mit dem übrigen Bodenkörper zu erhalten war. Bei den Versuchen mit höherer Bodenwärme kühlte sich die Bodenoberfläche in Folge der Wärmeausstrahlung in die kältere Luft und in Folge der Wasserverdunstung fortwährend ab; bei den Versuchen mit niederen Bodentemperaturen nahm sie umgekehrt aus der umgebenden Luft Wärme auf. Der Versuch, diesen Übelstand durch Bedeckung des Bodens zu vermeiden, mußte deshalb aufgegeben werden, weil sich unmittelbar unter der Bedeckung aus der mit Dampf erfüllten Luft stets Wasser in flüssiger Form abschied, welches (bei 30° und 40° Bodentemperatur) eine Fäulnis des unteren Stengelgliedes bewirkte.

Die Vorarbeiten, besonders das Suchen nach einer befriedigenden Wärmequelle (man hatte erst erfolglos mit den bekannten Nachtwachsliehten und mit verschiedenen Systemen kleiner Öl- und Spirituslämpchen experimentiert) hatte den Beginn der Versuche leider und sicher nicht zum Vorteile bis zu einer schon vorgerückten Jahreszeit verzögert.

Erst am 9. August des Jahres 1870 wurden die wie oben beschrieben beschickten Kulturgefäße mit angekeimten Körnern besät. Schon am folgenden Tage durchbrachen die Blattkeime die Bodenoberfläche und man zögerte nun nicht, die Gefäße sofort in die für sie bestimmten Wasserbäder, welche schon vorher auf die beabsieh-

tigten Temperaturen angeheizt resp. abgekühlt waren, einzustellen; und zwar waren die Temperaturen normiert

für das Gefäß	Nro. 415	auf	+ 10° C.
" "	" "	416	" + 20° C.
" "	" "	417	" + 30° C. und
" "	" "	418	" + 40° C.

Ein Gefäß, Nro. 419, endlich wurde in eine mit Wasser gefüllte Wanne gestellt, welche weder gewärmt noch gekühlt wurde, und sich ganz selbst überlassen blieb. Die Bodentemperatur war mithin hier keine konstante, sondern folgte bis zu einem gewissen Grade den Wärmebewegungen der Atmosphäre, ohne aber, dank dem umgebenden Wasser, extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt zu sein. Die in Nro. 419 wachsenden Pflanzen konnten also recht wohl als unter normalen Verhältnissen vegetierend betrachtet werden und als Vergleichsmaßstab für die übrigen Nummern dienen.

Die ganze Reihe erhielt ihre Aufstellung im Glashause und behielt dieselbe bis zur Ernte.

Die Feuchtigkeit des Bodens hatte man bei der Einsaat auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft, d. i. auf 150 g Wasser pro Kilo Sand, fixiert und ersetzte von da ab täglich den durch die Verdunstung bewirkten und mittelst der Wage festgestellten Verlust.

In kürzester Zeit zeigten sich in der Vegetation der Versuchspflanzen Unterschiede, deren Ursache nur auf die ungleiche Bodentemperatur zurückzuführen war. Die Originalabhandlung giebt diese sowie die späteren Veränderungen sehr speziell und ausführlich an. Wir begnügen uns mit folgenden Notizen.

Die beiden Pflanzen in Gefäß Nro. 419 mit schwankender gemäßigter Bodentemperatur zeigten zu allen Zeiten ein gesundes gleichmäßiges Wachstum, hatten eine frische Farbe, kräftigen Bau und verhielten sich augenscheinlich vollkommen normal.

Ihnen ähnlich, fast gleich, entwickelten sich die beiden Pflanzen in Gefäß Nro. 416 bei + 20° C. konstanter Bodentemperatur.

Die konstant niedere Bodentemperatur von 10° C. aber bewirkte zunächst eine auffallende Verzögerung im Wachstum. Die beiden Pflanzen des Gefäßes Nro. 415 blieben schon früh in

der Längenentwicklung hinter den vier vorhergenannten zurück; allerdings aber auch nur in der Längenentwicklung, denn sie waren dabei gesund und entschieden kräftig und zeichneten sich besonders durch ein dunkleres, vollsaftigeres Grün vor allen den übrigen aus.

Im Gegensatz hierzu bewirkte die konstante Bodentemperatur von 30° C. in Gefäßs Nro. 417 schon früh eine auffallende Beschleunigung im Längenwachstum; aber auch früh schon liefs sich erkennen, dafs diese Beschleunigung nicht durchaus ein reeller Gewinn war, denn die Pflanzen zeigten bald ein matteres, bleicheres Grün als die anderen, und in demselben Mafse, wie sich die Stengelanlage streckte, wurde sie dünner und schwächer.

Die konstante Bodentemperatur von $+40^{\circ}$ C. endlich zeigte sich sehr bald als entschieden schädlich. Die jungen Pflänzchen in Gefäßs Nro. 418 nahmen früh ein blasses, kränkliches Aussehen an und blieben im Wachstum bedeutend zurück. Die Halmanlagen waren auffällig dünn und die Blätter außerordentlich schmal und spitz; einige der letzteren wurden bald ganz gelb.

Einen sehr klaren Blick über diese Verhältnisse liefert die folgende kleine Tabelle, welche die Messungen der Versuchspflanzen am 25. August, also in einem Alter von wenig mehr als zwei Wochen, enthält:

(s. Tabelle a. f. Seite.)

In der nächsten Wachstumsperiode erhielten sich diese charakteristischen Unterschiede oder bildeten sich noch weiter aus.

In einer konstanten Bodentemperatur von 20° C. befanden sich die Pflanzen zu dieser Zeit offenbar am besten, der Stand in Gefäßs Nro. 416 übertraf sichtlich den in Nro. 417, wo die Pflanzen etwas länger, aber dünner waren, und auch noch den in Nro. 419.

Die auf eine Bodentemperatur von 10° C. angewiesenen Pflanzen waren vollsaftige, stramme, untersetzte Figuren, aber ihre Internodien blieben sehr kurz, so dafs ihr ganzer Habitus dadurch einen rascnartigen Charakter erhielt.

Die Bodentemperatur von 40° C. blieb fortdauernd schädlich — die Pflanzen von Nro. 418 sahen stets krank aus, alle ihre Organe waren sehr dünn und schmal —, die Stengel außerordentlich

Laufende Versuchs- Nummer	Konstante Boden- temperatur ° C.	Pflanze	Stengelhöhe von der Bodenober- fläche bis zur Basis des letzten Blattes mm	Länge der Blätter			Breite der Blätter*)			Durchmesser **) der Stengel mm		
				mm	mm	mm	mm	mm	mm			
415.	10°	a.	37	110	180	—	—	7	8	—	2,5	
		b.	40	160	180	45	—	8	10	?***)	—	3,0
		Mittel	39	135	155	45	—	8	10	?	—	2,8
416.	20°	a.	125	140	210	250	80	7	10	13	?	3,0
		b.	113	130	210	200	50	7	9	11	?	3,2
		Mittel	119	135	210	225	65	7	10	12	?	3,1
417.	30°	a.	230	140	200	210	128	7	8	11	?	2,0
		b.	210	110	160	150	80	6	7	8	?	2,1
		Mittel	220	125	180	180	104	7	8	10	?	2,1
418.	40°	a.	70	106	140	95	—	5	4	?	—	1,5
		b.	76	80	93	80	30	6	4	3	?	1,5
		Mittel	73	93	117	88	30	6	4	3	?	1,5
419.	schwankend	a.	140	85	150	170	55	7	8	9	?	3,0
		b.	126	80	160	165	58	8	10	?	?	3,5
		Mittel	133	83	155	168	57	8	9	9	?	3,3

*) Die Breite der Blätter ist immer an der breitesten Stelle derselben genommen.

**) Der Durchmesser der Stengel ist in 1 cm Höhe über dem Boden gemessen.

***) Das Fragezeichen an Stelle der Maximal-Blattbreiten bedeutet, dass die betreffenden Blätter erst in Entwicklung begriffen und noch zusammengerollt waren.

trocken und hart, wie verholzt. Während die anderen Pflanzen sich in dieser Periode mehr oder weniger erfolgreich bestockten, vermochte die eine Pflanze von Nro. 418 nur zwei ärmliche Ansätze zu Seitentrieben zu bilden, die aber bald wieder zu Grunde gingen, und brachte es die zweite noch nicht einmal bis zu diesem schwachen Versuche.

Etwa fünf Wochen nach der Aussaat, am 14. September, wurden die Stengelhöhen von der Bodenoberfläche bis zur Basis des jüngsten Blattes wie folgt gefunden:

Laufende Versuchs- nummer	Boden- tempe- ratur ° C.	Pflanze	Haupt- stengel	1. Sprofs	2. Sprofs	3. Sprofs
			mm	mm	mm	mm
415.	10°	a.	300	115	100	ganz jung
		b.	250	90	jung	—
		Mittel	275	103	?	?
416.	20°	a.	485	225	170	jung
		b.	515	140	110	65
		Mittel	500	183	140	?
417.	30°	a.	565	190	85	60
		b.	575	—	—	—
		Mittel	570	95	43	30
418.	40°	a.	152	—	—	—
		b.	140	—	—	—
		Mittel	146	—	—	—
419.	schwankend	a.	480	180	40	—
		b.	320	90	jung	—
		Mittel	400	135	?	—

Kurz nachher begannen die Pflanzen der Nummern 416, 417 und 419 die Ähren hervorzutreiben und zwar erfolgte dieser Prozeß in allen drei Gefäßen mit so geringen Zeitunterschieden, daß sich hier ein Einfluß der Bodentemperatur nicht konstatieren ließ.

In Gefäß Nro. 415 dagegen wurde durch die niedere Bodentemperatur die Ährenbildung um etwa zwei Wochen verzögert, und in Gefäß Nro. 418 endlich trat dieselbe in Folge der schädlichen Wärmehöhe sogar noch später ein.

Hierbei wurde an den Pflanzen dieser beiden letzten Nummern eine ganz eigentümliche Erscheinung beobachtet, deren Schilderung wir mit den Worten des Originals wiedergeben wollen:

„Von dem Augenblicke an, wo bei den Pflanzen des Versuchs Nro. 415 die Verdickung des Stengels für die Ähren sichtbar zu werden anfangt, begann ein außerordentlich rasches Wachstum, welches der Hauptsache nach in einer mächtigen Streckung der Stengelglieder bestand. Während die Pflanzen in der kurzen Zeit von 10 bis 14 Tagen fast die doppelte Höhe erreichten, verloren sie mit der zunehmenden Länge nicht an Dicke und behielten einen gesunden und sehr kräftigen Bau, so daß sie alle anderen Pflanzen der Reihe überholten. Dieses Wachstum war nicht speziell auf das letzte Internodium, welches die Ähre trägt, beschränkt, sondern alle Internodien streckten sich aus und die bis dahin rasenartig zusammengedrängten Blätter nahmen normale Stellung auf dem Halme.

Diese Erscheinung gewann noch dadurch an Wichtigkeit, daß sie sich in ganz identischer Weise und auch zu derselben Zeit, d. h. kurz vor dem Schossen, an den Pflanzen des Versuchs Nro. 418 wiederholte, wo bis dahin die Pflanzen so klein geblieben waren, daß ich keine Hoffnung hatte, sie würden noch Ähren bilden. Auf einmal fingen sie an zu wachsen, die Verdickung für die Ähre wurde sichtbar, innerhalb einiger Tage erreichten die Pflanzen die doppelte Höhe, ein Halm bildete sich, welcher bislang an der Pflanze fast nicht bemerkbar war, und das Schossen begann. — So plötzlich wie diese Erscheinung eintrat, verschwand sie auch wieder unerwartet, als die Ähre aus dem Blatte hervorgetreten war. Von da ab wuchs die Pflanze in normaler Weise, indem das ährentragende Internodium sich verlängerte.“

Hatte diese Kraftanstrengung es bewirkt, daß die beiden Pflanzen der Nummer 415 nach der vollen Entwicklung der Ähren für die Beurteilung mit dem bloßen Auge in der ganzen Versuchsreihe den ersten Rang einnahmen, und diesen Vorzug auch bis zum Schlusse der Versuche behaupteten, so hatte sie doch nicht die Zeitverzögerung wieder einzubringen vermocht, welche die Pflanzen in ihren ersten Vegetationsperioden erlitten hatten.

Der sorgfältig verfolgte Anfang des Blühens wurde bemerkt

bei den Pflanzen der Nummern	416	} ziemlich gleichzeitig vom 6. bis 8. Oktober
	417	
	und 419	
„ „ „ „ Nummer	415	am 16. Oktober
„ „ „ „ „	418	erst am 27. Oktober

Anfang November waren an den Pflanzen der Nummern 416, 417 und 419 die meisten Körner ungefähr bis zu ihrer normalen Gröfse herausgebildet, aber noch weich und milchend; während die Ähren der Nummer 415 erst kleine, ganz unreife Körneransätze enthielten, und in den Ähren Nro. 418 die Befruchtung überhaupt noch nicht stattgefunden hatte.

Bei der so weit vorgeschrittenen Jahreszeit war leider überhaupt nicht mehr darauf zu hoffen, dafs durch eine weitere Fortsetzung der Versuche ein normales Ausreifen noch erzielt werden könnte — es rächte sich hier der verspätete Beginn des Experiments —, und man mußte sich deshalb dazu entschließen, die Pflanzen, obwohl noch unreif und leider auch noch ungleich weit entwickelt, zu ernten.

Es geschah dies am 9. November und zwar lieferten:

In Gefäfs Nro. 415 (10° C. Bodentemperatur):

Pflanze a. zwei Ähren mit 40 und 28 noch jungen, ganz unreifen Körnern.

Pflanze b. zwei Ähren mit 51 und 46 Körneranlagen, ebenfalls noch ganz unreif.

Die oberen Partien der Halme mit je zwei bis vier Blättern waren noch grün und frisch.

In Gefäfs Nro. 416 (20° C. Bodentemperatur):

Pflanze a. drei Ähren mit 33, 21 und 3 milchreifen Körnern (die dritte Ähre 17 unbefruchtete Ähren).

Pflanze b. drei Ähren mit 42, 24 und 19 Körnern. (Die Samen der ersten beiden Ähren waren schön ausgebildet und milchreif, die der letzten noch sehr jung und klein.)

Die Halme nur an der Spitze nebst dem größeren Teile des letzten jüngsten Blattes noch grün.

In Gefäfs Nro. 417 (30° C. Bodentemperatur):

Pflanze a. zwei Ähren mit 30 und 10 Körnern im Zustande der Milchreife.

Pflanze b. eine Ähre mit 26 milchreifen, schön ausgebildeten Samen.

Die Spitze des Halms und das letzte jüngste Blatt zur Hälfte noch grün.

In Gefäßs Nro. 418 (40° Bodentemperatur):

Pflanze a. eine Ähre mit 20 noch unbefruchteten Ährchen, von denen einzelne blühten.

Pflanze b. eine Ähre, die noch zum größten Teile in der Blattscheide des obersten Blattes eingehüllt war und sechs kleine, wenig entwickelte Ährchen besaß.

Trotz der zurückgebliebenen Fruchtbildung waren die Laubteile beider Pflanzen schon weit in ihrem Reifezustande vorgerückt, und Stengel wie Blätter bis zur Spitze fast vollständig abgestorben, so dafs man hier selbst in einer günstigeren Jahreszeit auf eine gedeihliche Körnerentwicklung sicher nicht hätte rechnen können.

In Gefäßs Nro. 419 (Bodentemperatur schwankend):

Pflanze a. zwei Ähren mit 32 und 27 Samen (die Körner der ersten Ähre waren milchreif, aber noch ganz grün, die der zweiten noch jung und klein).

Pflanze b. vier Ähren mit 37, 27 und 25 Körnern (die Samen der ersten Ähre waren milchreif, die der zweiten und dritten noch sehr jung und unreif, und an der vierten Ähre fanden sich nur 15 noch unbefruchtete Ährchen, die zum Teil blühten).

Von den Stengeln war nur noch die Spitze, von den Blättern nur noch das letzte und jüngste teilweise grün.

Masse und Gewicht der geernteten Pflanzen wurden wie folgt gefunden:

Laufende Nummer	Boden-temperatur o C.	Pflanze	Halm	Länge des Halms mm	Länge der Internodien in Millimetern							Durchmesser der Internodien in Millimetern																		
					1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.												
415.	+ 10	a.	Hauptstengel 1. Sprofs	1081 923	32	76	140	159	254	420	—	—	—	—	—	—	—	2,0	2,5	3,0	3,1	3,0	2,3	—						
					70	127	132	250	344	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,1	2,4	2,4	2,3	1,6	—	—			
416.	+ 20	b.	Hauptstengel 1. Sprofs	1040 852	11	73	98	123	180	250	355	—	—	—	—	—	—	2,5	2,9	3,3	3,5	3,5	3,2	2,3						
					64	116	140	212	320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,8	3,0	3,1	2,8	2,0	—	—				
417.	+ 30	a.	Hauptstengel 1. Sprofs	762 654	35	64	107	196	360	—	—	—	—	—	—	—	—	2,3	2,6	2,7	3,0	2,0	—	—						
					12	49	126	167	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	1,9	2,0	2,0	1,5	—	—				
418.	+ 40	b.	Hauptstengel 1. Sprofs	588 821	59	92	163	280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8	2,2	2,1	1,4	—	—	—						
					60	75	110	218	358	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	3,0	3,3	3,2	2,2	—	—				
419.	schwan- kend	a.	Hauptstengel 1. Sprofs	532 578	28	116	160	328	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,9	2,5	2,4	1,5	—	—	—						
					36	102	170	270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,9	2,0	1,7	1,4	—	—	—				
417.	+ 30	b.	Hauptstengel 1. Sprofs	819 513	29	77	67	132	175	339	—	—	—	—	—	—	—	1,6	2,0	2,3	2,5	2,8	1,7	—						
					47	93	133	240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3	1,8	1,7	1,3	—	—	—				
418.	+ 40	b.	Hauptstengel 1. Sprofs	714 520	52	86	70	121	170	215	—	—	—	—	—	—	—	1,5	1,7	1,8	2,0	1,9	1,5	—						
					20	21	38	65	84	134	158	—	—	—	—	—	—	—	—	{	weniger	{	als 1 mm	1,2	1,5	1,6	1,8	1,4		
419.	schwan- kend	a.	Hauptstengel 1. Sprofs	337 966	22	41	62	73	96	43	—	—	—	—	—	—	—	{	weniger	{	als 1 mm	1,0	1,0	1,1	{	weniger	{	als 1 mm	—	—
					20	61	85	140	220	420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,1	2,3	2,8	3,2	3,0	2,4	—	—	—		
419.	schwan- kend	b.	Hauptstengel 1. Sprofs	816 844	30	67	134	225	360	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8	2,3	2,4	2,2	1,7	—	—						
					56	68	114	233	373	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,3	2,7	3,3	3,4	2,3	—	—				
419.	schwan- kend	b.	Hauptstengel 2. Sprofs	779 748	30	82	143	222	302	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	2,2	2,2	2,1	1,6	—	—						
					13	63	124	198	363	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8	2,5	3,0	2,7	1,8	—	—				
419.	schwan- kend	b.	Hauptstengel 3. Sprofs	652 652	45	102	125	171	209	—	—	—	—	—	—	—	—	1,7	1,7	1,9	1,6	1,1	—	—						
					45	102	125	171	209	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,7	1,7	1,9	1,6	1,1	—	—				

An Trockensubstanz wurde geerntet:

Lauf- Num- mer	Boden- tempe- ratur ° C.	In den Blättern und Blatt- scheiden mg	In den Hal- men mg	In den Ähren mg	In den ober- irdischen Teilen in Sa. mg	In den Wur- zeln mg	In den ganzen Pflanzen in Sa. mg
415.	10	2181	3226	1163	6570	1068	7638
416.	20	2041	2437	2815	7343	878	8221
417.	30	964	939	1524	3427	427	3854
418.	40	338	298	137	773	155	928
419.	schwän- kend	2083	2628	2210	6921	1221	8142

Darin wurde an kohlenensäure- und kieselsäurefreier Asche ge-
funden:

Lauf- Num- mer	Boden- tempe- ratur ° C.	In den Blättern und Blatt- scheiden mg	In den Hal- men mg	In den Ähren mg	In den ober- irdischen Teilen in Sa. mg	In den Wur- zeln mg	In den ganzen Pflanzen in Sa. mg
415.	10	259,0	174,4	43,3	476,7	234,7	711,4
416.	20	273,8	145,7	85,5	505,0	143,9	648,0
417.	30	159,3	120,6	55,7	335,6	52,7	388,3
418.	40	44,1	36,6	8,6	89,3	23,6	112,9
419.	schwän- kend	294,2	167,2	73,5	534,9	248,8	783,7

Der prozentische Gehalt der Pflanzen und der einzelnen Pflan-
zenteile an Reinasche ergibt sich hiernach wie folgt:

Lauf- Num- mer	Boden- tempe- ratur ° C.	In den Blättern und Blatt- scheiden Proz.	In den Hal- men Proz.	In den Ähren Proz.	In den ober- irdischen Teilen in Sa. Proz.	In den Wur- zeln Proz.	In den ganzen Pflanzen in Sa. Proz.
415.	10	11,87	5,41	3,72	7,26	21,97	9,31
416.	20	13,41	5,89	3,03	6,87	16,37	7,89
417.	30	16,53	12,84	3,65	9,79	12,35	10,70
418.	40	13,05	12,27	6,27	11,54	15,21	12,16
419.	schwän- kend	14,12	6,36	3,33	7,73	20,38	9,62

Nicht minder charakteristische Züge, wie sie in der Entwicklung
der oberirdischen Pflanzenteile durch die verschiedenen konstanten
Bodentemperaturen hervorgerufen waren, liefs die genauere Unter-
suchung in der Ausbildung der Wurzeln auffinden.

Als das Wurzelnetz in gewohnter Manier nach erfolgter Ernte
durch Auswaschen aus dem Sande blofsgelegt war, sprang als hervor-

ragendster Unterschied sofort der in die Augen, daß dasselbe um so einfacher konstruiert war, je kälter die Temperatur gewesen, in der es erzeugt wurde, und daß dasselbe um so komplizierter wurde, je höher die Bodenwärme stieg, die zu seiner Bildung mitgewirkt hatte.

Die Wurzeln der Pflanzen aus Gefäßs Nro. 419, die mit mälsig innerhalb gewöhnlicher Grenzen schwankender Bodentemperatur erzogen waren, zeigten im großen und ganzen denselben Bau, wie die Wurzeln unserer übrigen zahlreichen Versuchsreihen, die nicht zur Ermittlung der Wärmewirkungen bestimmt waren, und dürfen daher wohl als normal gelten. Ihr Aussehen war bei der Ernte noch ziemlich weiß und gesund.

Das Wurzelsystem der Pflanzen hingegen, welches in einer konstant niedrigen Bodentemperatur von 10° C. gebildet worden war (Nro. 415), zeigte eine ganz eigentümliche Entwicklung. Es bestand nur aus wenigen, großen, auffallend stark gebildeten Wurzeln erster und zweiter Ordnung, von denen die letzteren ungewöhnlich kurz und mit kleinen warzenförmigen Erhöhungen bedeckt waren, die als unentwickelt gebliebene Wurzelfasern dritter Ordnung zu deuten sind. Das Aussehen des ganzen Organs war durchweg noch schön, weiß und lebendig.

Die Wurzeln aus dem Gefäße Nro. 416 mit 20° C. konstanter Bodentemperatur standen in ihrem Baue den normal entwickelten noch ziemlich nahe, zeigten aber doch schon eine entschieden weiter gehende Verzweigung und waren dünner. Ihre Farbe war bei der Ernte bräunlich.

Die in einer konstanten Temperatur von 30° C. gewachsenen Wurzeln der Nro. 417 aber waren schon in ihren Zweigen erster Ordnung fadendünn und ziemlich intensiv braun gefärbt. Ihre Verzweigung war soweit getrieben, daß das ganze System ein filzartiges Aussehen gewann, aber es hatte noch den ganzen inneren Raum des Kulturgefäßes vollständig und regelmälsig durchzogen und lieferte damit den Beweis, daß für die Gerstenwurzel eine konstante Bodenwärme von 30° noch nicht tödlich wirkt.

Bei dem Auswaschen des Gefäßes Nro. 418 mit 40° C. konstanter Bodentemperatur endlich fand man an Wurzeln weiter nichts, als ein Klümpchen filzartig zusammengewickelter feiner, brauner Fäden, das sich lediglich in der oberen Schicht des Bodens gebildet hatte und wohl kaum noch irgendwelche Lebensfähigkeit besaß.

Man sieht sofort, daß diese charakteristischen Eigentümlichkeiten, welche die in verschiedenen konstanten Bodentemperaturen gewachsenen Pflanzen in der Ausbildung ihres Wurzelwerkes zeigten, mit den in der Entwicklung der oberirdischen Organe beobachteten vollständig harmonierten und in offenbarem Zusammenhange standen.

Das Resultat, welches die ganze Versuchsreihe ergab, dürfte sich in folgende wenige Sätze zusammenfassen lassen:

In einer konstanten Bodenwärme von $+40^{\circ}$ C. vermögen sich die Wurzeln der Gerstpflanzen nicht zu entwickeln. — Wenn in dem Gefäße Nro. 418 eine ärmliche und allezeit anormale Vegetation überhaupt stattfand, so ist dies, wie die Entwicklung' des Wurzelnetzes beweist, wohl nur dem oben erwähnten Umstande zu danken, daß die Temperatur der oberen Bodenschicht in den wärmer gehaltenen Kulturgefäßen in Folge der Wärmestrahlung und der Verdunstung stets etwas geringer war, als die in der Hauptmasse des Bodencylinders herrschende und durch das Bodenthermometer angezeigte Normaltemperatur. — Es ist vielleicht am Platze, gelegentlich hier zu bemerken, daß in einigen kurzen, gleichsam als Fühler nach den Grenzen, innerhalb welchen die Temperatur bei den Hauptversuchen zu halten sei, angestellten Vorversuchen wiederholt beobachtet wurde, daß eine konstante Bodentemperatur von 50° C. die Pflanzen immer in kurzer Zeit tötete. Ganz junge Pflänzchen, welche unmittelbar nach dem Aufgehen in diese Wärme versetzt wurden, lebten etwa vier bis fünf Tage, etwas ältere Pflanzen, welche schon ein paar Blätter hatten, starben darin gewöhnlich schon nach 12 bis 20 Stunden.

Eine konstante Bodentemperatur von $+30^{\circ}$ C. wird für die Gerstpflanze nicht geradezu verderblich, ist ihr aber entschieden schädlich, indem sie die Entwicklung derselben übertreibt. Die dauernde Wärme von 30° regt die Pflanzen zu einer übermäßigen und überfrühen Streckung aller Organe an, die nur auf Kosten der Stärke der letzteren erfolgt. Pflanzen derart gleichen zu schnell gewachsenen Kindern; ihre Massenproduktion bleibt um die Hälfte hinter der normalen zurück.

Eine konstante Bodentemperatur von 20° C. erscheint den Bedürfnissen der Gerste am angemessensten. Die Pflanzen bleiben bei dieser Temperatur gesund und erfüllen alle ihre Lebensaufgaben regelmäfsig und vollständig.

Eine konstante Bodentemperatur von 10° C. bedingt gewisse abnorme Erscheinungen in der Entwicklung der Gerste, kann aber eigentlich nicht als schädlich bezeichnet werden. Die in dieser Temperatur wachsenden Pflanzen werden in ihrem Wachstume besonders während ihrer ersten bis zur Ährenentwicklung zu rechnenden Lebensperiode zurückgehalten und dadurch wird auch die ganze Vegetationsdauer der Pflanze um ein paar Wochen verlängert. Aber diese Verzögerung erstreckt sich nur auf die Streckung der Pflanzenorgane, ein gleichzeitiger hemmender Einfluss auf die Assimilation findet, wie es scheint, nicht statt, denn alle Pflanzenteile werden in dem Mafse, wie sie kürzer bleiben, stärker, als die der unter gewöhnlichen Verhältnissen vegetierenden Exemplare und die Massenproduktion steht schliesslich nicht hinter der normalen zurück. (So wird man wenigstens nach unserer Meinung trotz der etwas geringeren Ernte an Trockensubstanz, welche Nro. 415 in den vorstehenden Versuchen lieferte, schliessen müssen, wenn man erwägt, dafs die beiden Pflanzen dieser Nummer bei der Ernte in ihrem Reifezustande noch um etwa 14 Tage hinter den übrigen zurück waren und dafs sich sowohl ihre Wurzeln als ihre jüngsten Stengel- und Blattorgane noch in einem frischen, lebendigen und vollkommen assimilationsfähigen Zustande befanden.)

Eine zweite Versuchsreihe, die von der ersten nur dadurch abwich, dafs bei ihr Pflanzen benutzt wurden, welche sich in gewöhnlichen Verhältnissen schon bis zu einer gewissen Gröfse und Selbstständigkeit entwickelt hatten, die aber sonst mit jener ganz parallel gehalten wurde, kann dazu dienen, die bisher gemachten Beobachtungen noch weiter zu stützen und zu bestätigen.

In der Hoffnung, dafs die nötigen Vorarbeiten früher beendet sein würden, hatte man schon Mitte Juni eine gröfsere Anzahl von

Kulturgefäßen gefüllt und angesät. Als aber hierauf das Aufsuchen einer befriedigend wirkenden Wärmequelle doch noch längere Schwierigkeiten bereitete und die jungen Pflanzen für die Zwecke des Hauptversuchs unterdeß zu alt geworden waren, wurden dieselben zu beliebiger anderer Benutzung bei Seite gestellt und eine neue Ansaat bewirkt. Die bei Seite gestellten Pflanzen fanden ihren Platz unter unseren anderen Ernährungsversuchen auf dem Vegetationswagen und wurden durch regelrechtes Begießen weiter gepflegt.

Die Zeit ihrer Verwendung kam, als die unterdeß in Gang gesetzte Hauptversuchsreihe die eben geschilderten prägnanten Wirkungen verschiedener Bodenwärme auf junge Gerstenpflanzen zeigte und dadurch einerseits den Wunsch anregte, dieselben noch weiter kontrollirt zu sehen, andererseits die Frage entstehen liefs, ob schon ältere und selbständiger gewordene Pflanzen sich gleich empfindlich gegen den Einfluß der Bodenwärme zeigen würden, wie die zarten und jungen der Hauptreihe.

Es standen 16 von den bei Seite gestellten Gefäßen mit befriedigend entwickelten Pflanzen zur Auswahl zu Gebote. Die Form, Beschickung und Bestellung derselben war genau dieselbe, wie in der vorhergehenden Versuchsreihe. Am 18. Juni waren sie mit je zwei gekeimten Gerstenkörnern belegt worden; am 19. August wählte man von ihnen diejenigen fünf aus, deren Pflanzen am gleichmächtigsten entwickelt waren, und brachte sie in Wasserbäder, die zur Erwärmung resp. Kühlung auf die konstanten Temperaturen von 10, 20, 30 und 40° C. genau so vorgerichtet waren, wie in der vorhergehenden Versuchsreihe beschrieben wurde. Alle äußeren Versuchsbedingungen waren überhaupt mit denen der Hauptreihe vollkommen gleich.

Die Pflanzen waren am 19. August, d. h. an dem Tage, wo der Versuch begann, etwa zwei Monate alt, schon ziemlich hoch und hatten das vierte Blatt voll entfaltet.

Es wurden bestimmt:

Das Gefäß	Nro.	420	für eine konstante Bodentemperatur von	+	10° C.
„	„	421	„	„	„
„	„	422	„	„	„
„	„	423	„	„	„
					„
					+ 20° C.
					+ 30° C.
					+ 40° C.

In Gefäß Nro. 424 liefs man die Bodentemperatur schwanken wie in Nro. 419 der vorhergehenden Reihe.

In der ersten Woche nach Beginn der Versuche war in dem äußeren Ansehen der Pflanzen nirgends etwas von dem Einflusse der veränderten Bodentemperatur zu spüren.

Von dem Anfange aber der zweiten Woche an konnte man deutlich bemerken, daß zunächst die Pflanzen der auf konstant 40° Bodentemperatur gehaltenen Nro. 423 zu leiden begannen. Die neuen Blattoorgane, die nur zögernd hervorgetrieben wurden, waren spitz und schmal, die Länge und Stärke der neu erzeugten Stengeltheile blieben hinter der übrigen zurück; selbst die älteren, vor Beginn des Versuches vorhandenen Pflanzenteile, so z. B. ganz besonders die untersten Stengelglieder, wurden zusehends ärmer, dünner, trockner und holziger.

Wenig später konnte man auch an den in konstante Bodentemperatur von 30° C. versetzten Pflanzen der Nummer 422 den Beginn eines nachteiligen Einflusses zu hoher Bodenwärme bemerken, der sich allmählich in ganz ähnlichen Erscheinungen wie bei Nr. 423 äußerte, aber in weit geringerem Grade wirksam wurde.

Die Pflanzen der drei übrigen Nummern entwickelten sich bis zu Ende normal und unter sich so gleichmäßig, daß z. B. den auf konstante Bodentemperatur von 10° C. gesetzten Exemplaren in Bau und Stand ein Unterschied, der auf den Einfluß der verminderten Bodenwärme in günstigem oder ungünstigem Sinne hingedeutet hätte, nie deutlich anzusehen war.

Eine Beschleunigung oder Verzögerung der Vegetation war nur bei der Ernte in geringem Grade zu bemerken; das Hervortreiben der Ähren sowie das Blühen trat bei allen Pflanzen ungefähr gleichzeitig ein.

Obwohl die Ansaat dieser Versuchsreihe ein ganz Teil früher erfolgt war, als die der vorigen, so war doch auch hier schon die günstigste Jahreszeit versäumt. In der zweiten Hälfte des Oktober waren die Pflanzen noch nicht ganz reif und abgestorben, und da von einem längern Zaudern wenig Besserung mehr zu hoffen war, so wurde am 23. Oktober zur Ernte geschritten.

Es liefs sich dabei konstatieren, daß allerdings der Reifezustand der Pflanzen insofern ein nicht ganz gleichmäßiger war, als die Pflanzen der Nro. 423 (40° Bodentemperatur) darin sichtlich am weitesten vorgeschritten waren, während anderseits die Pflanzen der Nro. 420 (10° Bodentemperatur) ebenso entschieden noch hinter den

übrigen zurückstanden, aber sehr bedeutend war bei alledem dieser Unterschied nicht und sicher viel geringer, als in der ersten Versuchsreihe. (Die eingangs citierte Originalabhandlung enthält hierüber die speziellsten Angaben.)

Man erntete:

- Aus Gefäßs Nro. 420 (10° konstante Bodentemperatur):
 von Pflanze a. eine Ähre mit 24 fast reifen Körnern,
 von Pflanze b. zwei Ähren mit 55 und 35 milchreifen Samen
 (die Ähre des Seitentriebes enthielt noch außerdem 14 un-
 befruchtete Ährchen).
- Aus Gefäßs Nro. 421 (20° konstante Bodentemperatur):
 von Pflanze a. vier Ähren mit 39 völlig reifen, 22 und 23 halb-
 reifen und 10 noch grünen Körnern,
 von Pflanze b. zwei Ähren mit 34 ziemlich reifen und 16 noch
 ganz unreifen Samen.
- Aus Gefäßs Nro. 422 (30° konstante Bodenwärme):
 von Pflanze a. zwei Ähren mit 30 fast reifen und 21 halbreifen
 Körnern, und
 von Pflanze b. eine Ähre mit 30 reifen Samen.
- Aus Gefäßs Nro. 423 (40° konstante Bodenwärme):
 von Pflanze a. zwei Ähren mit 30 und 5 reifen Samen,
 von Pflanze b. eine Ähre mit 18 Körnern, ebenfalls reif.
- Aus Gefäßs Nro. 424 (Bodentemperatur schwankend):
 von Pflanze a. zwei Ähren mit 21 und 19 milchreifen Kör-
 nern, und
 von Pflanze b. drei Ähren mit 39 reifen, 36 halbreifen und
 17 milchreifen Samen.

Die übrigen Ernteresultate, auf dieselbe Weise, wie in der vorigen Versuchsreihe ermittelt, geben die nachstehenden Tabellen:

Laufende Nummer	Boden-temperatur ° C.	Pflanze	Halm	Länge des Halms mm	Länge der Internodien in Millimetern						Durchmesser der Internodien in Millimetern					
					1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
420.	+ 10	a.	Hauptstamm	665	48	71	102	159	285	—	1,9	2,2	2,6	2,7	1,8	—
					b.	Hauptstamm 1. Sprofs	981 820	38 19	88 63	118 104	120 204	200 430	420 —	2,5 2,1	3,3 2,6	3,7 3,2	3,8 3,3	3,6 2,7	3,1 —
421.	+ 20	a.	Hauptstamm 1. Sprofs 2. Sprofs 3. Sprofs	705	38	68	100	120	174	205	1,3	2,1	3,0	3,3	3,2	1,3
				661	30	95	130	136	270	—	2,1	2,4	2,5	2,1	1,5	—
		599	19	88	135	132	225	—	1,8	2,1	2,2	2,0	1,5	—		
		394	10	77	85	92	130	—	1,5	2,0	1,8	1,5	1,0	—		
b.	Hauptstamm 1. Sprofs	819 411	55 35	72 75	115 96	139 95	138 110	300 —	2,0 1,5	2,8 1,7	2,8 1,6	3,0 1,4	2,9 1,0	1,9 —		
422.	+ 30	a.	Hauptstamm 1. Sprofs	577	38	65	110	139	225	—	1,9	2,2	2,7	2,5	1,5	—
				541	5	47	89	95	305	—	1,2	1,7	2,0	1,8	1,5	—
b.	Hauptstamm	603	11	74	116	164	208	—	1,7	2,2	2,9	2,8	1,5	—		
423.	+ 40	a.	Hauptstamm 1. Sprofs	544	27	83	160	274	—	—	2,0	2,2	2,6	1,5	—	—
				334	67	92	80	95	—	—	1,8	1,7	1,4	1,0	—	—
b.	Hauptstamm	474	45	57	80	137	155	—	1,6	1,7	1,9	2,0	1,3	—		
424.	schwan- kend	a.	Hauptstamm 1. Sprofs	732	47	82	62	80	165	296	2,1	2,5	2,7	3,0	3,2	1,8
				684	21	65	48	84	157	309	1,4	1,6	1,9	2,0	2,3	1,6
		b.	Hauptstamm 1. Sprofs 2. Sprofs	846 615 291	20 30 16	62 93 40	98 113 82	109 172 153	214 205 —	343 — —	1,9 1,9 1,1	2,5 2,1 1,7	3,1 3,0 1,9	3,4 3,2 1,4	3,4 2,8 —	— — —

Das Gewicht der Erntemasse betrug in frischem Zustande Milligramme:

Versuchs- Nummer	Boden- tempe- ratur ° C.	Blätter und Blatt- scheiden	Stengel	Ähren	Oberirdische Pflanzenteile in Sa.
420.	10	3897	8340	7188	19 425
421.	20	4080	7997	7047	19 124
422.	30	2200	3920	4858	10 978
423.	40	1650	2678	2903	7 231
424.	schwankend	3433	7544	7880	18 857

Davon resultierten nach dem Trocknen bei 110° C. an Trocken-
substanz Milligramme:

Versuchs- Nummer	Boden- tempe- ratur ° C.	Blätter und Blatt- scheiden	Stengel	Spren	Körner	Oberirdische Pflanzenteile in Sa.
420.	10	1553	1817	523	2707	6590
421.	20	2319	2184	629	3180	8312
422.	30	1175	868	359	2366	4768
423.	40	914	624	238	1463	3239
424.	schwankend	1521	1756	667	3272	7216

Und daraus berechnet sich der prozentische Gehalt an Wasser
in den verschiedenen Pflanzenteilen wie folgt:

Versuchs- Nummer	Boden- tempe- ratur ° C.	Blätter und Blatt- scheiden Proz.	Stengel Proz.	Ähren Proz.
420.	10	60,4	78,2	55,1
421.	20	43,2	72,7	45,9
422.	30	46,5	77,8	42,6
423.	40	44,6	76,6	41,4
424.	schwankend	55,7	76,7	50,0

Diese Unterschiede in dem prozentischen Wassergehalte der
Pflanzen am Tage der Ernte kennzeichnen die oben kurz angedeutete
Verschiedenheit im Reifezustande derselben besser, als jede noch so
spezielle Beschreibung.

Die ausgewaschenen Wurzeln der Pflanzen zeigten, da das Haupt-
netz derselben zum guten Teile schon vor Beginn der Versuche fertig
gebildet war, natürlich nicht so bedeutende Unterschiede, wie die der

Hauptreihe; ein Einfluss der Bodentemperatur war aber auch hier gar nicht zu verkennen und zwar äußerte er sich in genau derselben charakteristischen Richtung, wie dort. Die aus den Versuchsnummern, mit niederen Bodenwärmern stammenden Wurzelsysteme waren einfacher, kräftiger und bei der Ernte noch zum Teil hell gefärbt und frisch. Je höher die Bodentemperatur in der Versuchsreihe stieg, desto mehr nahm die Verzweigung des Wurzelsystems zu, desto dünner und brauner wurden die einzelnen Fasern desselben. In dem Gefäße Nro. 423 mit 40° C. konstanter Bodenwärme waren die vor Beginn des Versuchs entstandenen Wurzeln zum größten Teile schon früh, wahrscheinlich bald nach ihrer Versetzung in die hohe Temperatur, abgestorben und zeigten sich bei der Ernte fast gänzlich verrottet; nur in den oberen Bodenschichten bis zu einer Tiefe von ungefähr 5 bis 6 cm hatten sie noch weiter zu leben, auch neue Zweige zu bilden vermocht, und zeigten sie zur Zeit der Ernte noch einige Festigkeit.

Das Trockengewicht der geernteten Wurzeln betrug

aus Gefäß Nro. 420	740 mg
„ „ „ 421	838 „
„ „ „ 422	564 „
„ „ „ 423	234 „
„ „ „ 424	925 „

und damit stieg die Gesamtproduktion der ganzen Pflanzen an Trockensubstanz auf

in Nro. 420 mit 10° konstanter Bodenwärme	7330 mg
„ „ 421 „ 20° „ „	9150 „
„ „ 422 „ 30° „ „	5832 „
„ „ 423 „ 40° „ „	3473 „
„ „ 424 „ schwankender Bodentemperatur	8141 „

Bei der Verbrennung der Trockensubstanz wurden an kiesel-säure- und kohlenstofffreier Reinsäure erhalten Milligramme:

Ver- suchs- Nr.	Boden- tempe- ratur ° C.	Aus Blät- tern und Blatt- scheiden	Aus den Sten- geln	Ans der Spren	Aus den Kör- nern	Aus den ober- irdischen Teilen	Aus den Wnr- zeln	Aus den ganzen Pflanzen in Sa.
420.	10	266,7	173,1	45,6	77,1	562,5	204,7	767,2
421.	20	328,2	186,9	40,0	63,7	623,8	149,2	773,0
422.	30	223,9	113,6	46,6	55,9	440,0	103,4	543,4
423.	40	144,4	78,4	32,6	34,7	290,1	52,7	342,8
424.	schwan- kend	239,6	169,5	52,6	96,9	558,6	250,5	809,1

und daraus berechnet sich der prozentische Gehalt an Reinasche nach Abzug der Kieselsäure und Kohlensäure:

Ver- suchs- Nr.	Boden- tempe- ratur ° C.	In den Blättern und Blatt- scheiden Proz.	In den Sten- geln Proz.	In der Spreu Proz.	In den Kör- nern Proz.	In den ober- irdischen Teilen Proz.	In den Wur- zeln Proz.	In der ganzen Pflanze Proz.
420.	10	17,29	9,52	8,72	2,84	8,53	27,66	10,46
421.	20	14,15	8,55	6,36	2,16	7,50	17,81	8,45
422.	30	19,05	13,08	12,99	2,36	9,22	18,32	10,19
423.	40	15,79	12,55	13,69	2,37	8,95	22,55	9,87
424.	schwan- kend	15,75	9,65	7,88	2,96	7,74	27,09	9,94

Wenn man den Umstand immer im Auge behält, daß die in dieser zweiten Versuchsreihe benutzten Pflanzen die ersten zwei Monate ihrer Lebenszeit unter normalen und unter sich gleichen Verhältnissen verlebte, daß sie in dieser Zeit schon eine ansehnliche Masse von Trockensubstanz produziert hatten und daß alle ihre Organe, Stengel, sämtliche Blätter, Ähren in der Anlage vorhanden und schon ziemlich weit vorgebildet waren, ehe sie dem Einflusse verschiedener Bodentemperaturen unterworfen wurden, so wird man die Wirkungen der verschiedenen Bodenwärmern in beiden Versuchsreihen als vollkommen parallel gehend erklären müssen und leicht finden, daß die Resultate der einen Reihe die der anderen widerspruchslos bestätigen resp. ergänzen.

Da verschiedene Pflanzen im allgemeinen ein ungleiches Wärmebedürfnis haben, so war a priori anzunehmen, daß auch der Einfluß bestimmter konstanter Bodentemperaturen sich auf die verschiedenen Arten unserer Kulturgewächse ungleich äußern werde. Die Umstände gestatteten nicht, sich auch auf diese Frage spezieller einzulassen, man konnte sich aber nicht versagen, wenigstens einen Fühler nach dieser Richtung auszustrecken, indem man noch spät einen kurzen Versuch anhangsweise hinzufügte, welcher über das Verhalten zweier ganz nahe stehenden Pflanzenarten, nämlich des Roggens und des Weizens in Vergleich mit der bisher allein behandelten Gerste — sei es auch nur in der allerfrühesten Lebensperiode derselben —, belehren sollte.

Aus leicht verständlichen Gründen benutzte man hierbei gröfsere Kulturgefäfsse, und zwar waren dies Glascylinder von etwa 24 cm Höhe und 13 bis 14 cm Durchmesser, welche mit je 4 kg Quarzsand ganz in derselben Manier, aber mit einer etwas veränderten Nährstoffmischung, beschickt wurden, wie sie oben bei der ersten Versuchsreihe beschrieben ist. Die Nährstoffmischung bestand aus folgendem Salzgemische pro 1 k Sand:

0,50 mg Äquiv. =	68,1 mg	saures phosphorsaures Kali . .	(2 H O, K O, P O ₅)
0,25 " "	= 18,5 "	Chlorkalium	(K Cl)
0,40 " "	= 24,0 "	schwefelsaure Magnesia . . .	(Mg O S O ₃)
4,00 " "	= 328,0 "	salpetersaurer Kalk	(Ca O N O ₅).

Am 3. Oktober wurde jedes Gefäfs mit sechs Roggenkörnern (absol. Gewicht zwischen 30 und 35 mg), sechs Weizenkörnern (absol. Gewicht zwischen 45 und 50 mg) und sechs Gerstenkörnern (absol. Gewicht zwischen 30 und 35 mg) angesäet, und zwar ordnete man hierbei die 18 Samen, um etwaige Ungleichheiten der Wärmeverteilung im Boden möglichst unschädlich zu machen, so dafs sie alle in einem Kreise standen, welcher mit dem Rande des Kulturgefäfses konzentrisch war.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde bei Beginn des Versuchs auf 50 Proz. der wasserfassenden Kraft, d. i. auf 125 g Wasser pro Kilo Sand normiert und der durch Verdunstung bewirkte Verlust derselben in der Folge täglich auf der Wage ersetzt.

Unmittelbar nach der Einsaat wurden die Gefäfsse durch Einstellen in verschieden erwärmte Wasserbäder auf die gewünschten Temperaturen gebracht, und verblieben darin bis zum Schlusse des Experiments.

Die Tendenz dieser Versuchsreihe machte es wünschenswert, die Temperaturunterschiede zwischen den Einzelversuchen enger zu halten, als dies in den beiden ersten Reihen geschehen war, und so normierte man die Durchschnittstemperatur

in Gefäfs Nro.	425	auf	8° C.	konstant
" "	"	426	"	10
" "	"	427	"	15
" "	"	428	"	20
" "	"	429	"	25
" "	"	430	"	30
" "	"	431	"	40

in Gefäßs Nro. 432 liefs man die Temperatur mit dem weder gewärmten noch gekühlten Inhalte des Wasserbades nach Belieben schwanken.

Zur Herstellung und Erhaltung der konstanten Bodentemperaturen wurden genau dieselben Vorrichtungen benutzt, wie sie oben bei Besprechung der ersten Versuchsreihe geschildert sind.

Zunächst machte sich der Einfluß der ungleichen Bodenwärme natürlich durch eine Beschleunigung resp. Verzögerung des Keimprozesses bemerklich.

In welchem Grade dies der Fall war, lehrt die folgende Tabelle.

Es durchbrachen Blattkeime die Bodenoberfläche in:

Datum	Nr. 425.	Nr. 426.	Nr. 427.	Nr. 428.	Nr. 429.	Nr. 430.	Nr. 431.	Nr. 432.
Oktober	8° C.	10° C.	15° C.	20° C.	25° C.	30° C.	40° C.	schwan- kend
a. Vom Roggen:								
4.	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	—	—	—	2	1	—	4	—
6.	1	—	4	5	6	5	6	3
7.	4	3	6	6	6	6	6	4
8.	6	6	6	6	6	6	6	6
9.	6	6	6	6	6	6	6	6
10.	6	6	6	6	6	6	6	6
b. Vom Weizen:								
4.	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	—	—	—	—	3	—	—	1
6.	—	—	1	2	5	5	5	2
7.	1	—	4	5	6	5	6	2
8.	1	1	6	5	6	6	6	6
9.	4	6	6	5	6	6	6	6
10.	6	6	6	5*)	6	6	6	6
c. Von der Gerste:								
4.	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	—	—	—	—	—	1	—	—
6.	—	—	1	—	5	1	6	1
7.	—	1	4	5	6	3	6	1
8.	1	3	6	5	6	5	6	3
9.	6	6	6	5	6	5	6	6
10.	6	6	6	5**)	6	5**)	6	6

*) Der Keim des 6. Weizenpflänzchens erschien erst am 12. Oktober über der Erde.

***) Das 6. Pflänzchen blieb ganz aus.

Mehr noch wird der Einfluß der verschiedenen Bodenwärme auf die Dauer des Keimprozesses durch die Höhe der Pflanzen verdeutlicht, welche dieselbe am 10. Oktober erreicht hatten. Die Pflanzen besaßen damals ausnahmslos ein einziges Blatt und unter Höhe derselben soll die Entfernung von der Bodenoberfläche bis zur Spitze dieses Blattes gemeint sein.

Man fand diese Höhe in Millimetern:

Bei Pflanz- chen	In Nr. 425. 8° C.	Nr. 426. 10° C.	Nr. 427. 15° C.	Nr. 428. 20° C.	Nr. 429. 25° C.	Nr. 430. 30° C.	Nr. 431. 40° C.	Nr. 432. schwan- kend
Vom Roggen:								
a.	25	20	36	82	97	98	110	28
b.	25	22	41	90	90	85	70	16
c.	30	30	45	74	100	138	40	39
d.	32	25	42	67	90	105	95	32
e.	22	31	42	64	90	110	88	15
f.	20	38	51	68	100	74	105	40
Durchschnitt	26	28	43	74	94	102	85	28
Vom Weizen:								
a.	?)	25	37	50	90	90	80	30
b.	?	20	25	45	91	83	92	21
c.	?	15	19	?	85	85	74	19
d.	?	15	35	46	66	65	86	13
e.	20	20	?	56	62	78	76	18
f.	5	28	31	56	79	77	84	19
Durchschnitt	4	21	24	51	79	80	82	20
Von der Gerste:								
a.	?	?	38	43	110	89	49	6
b.	5	?	38	51	115	66	70	10
c.	5	5	27	49	94	47	72	12
d.	?	5	33	49	85	70	65	?
e.	5	?	28	42	75	83	60	?
f.	?	20	35	—	89	—	96	10
Durchschnitt	3	5	33	46	95	71	69	6

Es ist wohl mit Gewifsheit anzunehmen, daß die hier beobachteten sehr bedeutenden Längenunterschiede nicht ganz allein auf Rechnung der verzögerten oder beschleunigten Keimzeit zu setzen

*) Mit dem Fragezeichen soll ausgedrückt werden, daß der Blattkeim sich noch so wenig über den Boden erhoben hatte, daß eine Messung sich nicht gut ausführen liefs.

sind, und dafs dieselben zum Teil in der durch die höheren Bodentemperaturen bewirkten rascheren Streckung der Zellen ihren Grund haben mögen; es mufs aber in Bezug hierauf ausdrücklich konstatiert werden, dafs die sonst so ausgeprägte Dünne und Schwächigkeit der in hohen Bodentemperaturen vegetierenden Pflanzen am 10. Oktober nur noch in sehr mäfsigem Grade bemerklich war, und dafs zu dieser Zeit den grossen Höhendifferenzen ähnliche Unterschiede in der Stärke der Organe sicher noch nicht gegenüberstanden.

Dies trat aber ziemlich bald ein bei der weiteren Entwicklung der Versuchsgewächse. In dem Mafse, wie das Längenwachstum durch die niederen Bodentemperaturen verzögert wurde, wurden die Stengel und Blätter der Pflanzen kräftiger, dicker und fleischiger, und umgekehrt wurden in den höheren Temperaturen Stengel und Blätter um so dünner und schwächiger, je rascher ihre Längenentwicklung gefördert wurde.

Bei den in einer konstanten Bodentemperatur von 40° C. vegetierenden Pflänzchen war sogar bald schon deutlich zu erkennen, dafs sie litten. Während die Bildung von Nebentrieben in den niederen und besonders mittleren Wärmen anstandslos vor sich ging, vollzog sie sich schon bei 30° C., aber noch mehr bei 40° nur mühsam und die Triebe der auf 40° Bodentemperatur gesetzten Pflanzen starben immer in ganz kurzer Zeit wieder ab.

Eine lange Fortsetzung der Versuche war von Anfang an nicht beabsichtigt, bot auch bei der weit vorgerückten Jahreszeit wenig Hoffnung auf wesentlich bessere Erfolge mehr, und so wurden die Pflänzchen schon am 23. Oktober geerntet.

Man fand im Durchschnitte für je eine Pflanze in den oberirdischen Teilen Milligramme:

	Nr. 425.	Nr. 426.	Nr. 427.	Nr. 428.	Nr. 429.	Nr. 430.	Nr. 431.	Nr.
	8° C.	10° C.	15° C.	20° C.	25° C.	30° C.	40° C.	schv ke
a. Beim Roggen:								
Das Gewicht der frischen								
Masse	191,5	176,3	269,4	456,6	376,0	408,0	240,1	158
Darin Trockensubstanz .	23,9	22,8	32,4	49,5	42,4	47,0	31,2	20
Darin Rohasche	3,9	2,8	4,9	7,7	6,5	7,0	4,1	8
b. Beim Weizen:								
Das Gewicht der frischen								
Masse	98,6	130,8	241,0	260,5	342,0	402,2	296,0	138
Darin Trockensubstanz .	15,8	20,8	29,5	30,8	43,9	46,9	40,3	21
Darin Rohasche	1,9	2,5	5,3	4,9	6,5	7,3	5,4	8
c. Bei der Gerste:								
Das Gewicht der frischen								
Masse	151,9	156,0	383,4	408,5	435,2	365,0	230,5	128
Darin Trockensubstanz .	17,1	18,0	34,4	36,7	42,0	35,0	26,3	14
Darin Rohasche	3,0	2,0	5,6	6,6	7,4	6,1	4,2	2

Es würde die erlaubten Grenzen überschreiten, wenn man aus diesem kurzen Versuche weitgehende Schlüsse ableiten wollte, aber so viel darf man wohl auf Grund desselben schon behaupten, daß der Weizen in seiner ersten Jugendperiode zu einer energischen Assimilation eine ansehnlich höhere Bodentemperatur verlangt, als der Roggen, und mit dieser Behauptung stehen die Beobachtungen, die man im freien Felde über die Entwicklung der jungen Roggen- und Weizenpflänzchen im zeitigsten Frühjahr jederzeit machen kann, entschieden nicht im Widerspruche.

Der vorstehende Versuch würde für den Roggen auf eine Temperatur von 20° C., für die Gerste auf eine solche von 25° C. und für den Weizen auf eine solche von 30° C. als diejenige Bodenwärme hinweisen, bei welcher die Assimilation in der ersten Lebensperiode am raschesten und energischsten verläuft; aber die leidige schon erwähnte Beobachtung, daß in den Versuchen die Temperatur der oberen Bodenschichten mehrfach von der der unteren abwich, muß diese Zahlen noch so lange als unsicher gelten lassen, bis sie durch weitere Versuche bestätigt sind.

Zum Schlufs fügen wir noch eine Tabelle an, welche die während der Vegetationszeit der drei vorbeschriebenen Versuchsreihen morgens

7 Uhr, mittags 2 Uhr und abends 9 Uhr beobachteten Lufttemperaturen in Celsiusgraden enthält:

Datum	Früh	Mittags	Abends	Datum	Früh	Mittags	Abends
August 15.	21	21	20	Septemb. 27.	11	23	12,5
16.	18,5	20	20	28.	10,8	14	7
17.	20	23	15	29.	10,8	18	13,5
18.	19	18	18	30.	9	19	10
19.	20	21	19	Oktober 1.	12	20	10,8
20.	14,5	18,5	12,5	2.	12	20	10,5
21.	20	20	15	3.	14	22	12,3
22.	13	20	16	4.	12	15	10,5
23.	19,5	19	14	5.	8	12,5	7,5
24.	13,5	19,5	13,5	6.	10	18	9,5
25.	20	17	14	7.	12	16,8	10,5
26.	14	14,5	12	8.	13	14,3	13
27.	17,5	19	12,5	9.	16	18,5	12,8
28.	19	19	15	10.	12,5	13,5	8
29.	18	14,5	14	11.	13	16,5	10
30.	12,5	16	13	12.	12	16	9
31.	16,5	16	12	13.	14,8	19	11,5
Septemb. 1.	19	22	15	14.	10,5	17	10
2.	19	26	19	15.	12,5	17	8
3.	19	24,5	18,5	16.	6	14	7
4.	17	23	15,5	17.	12,5	16	10,5
5.	21,5	23	15	18.	14	18	10
6.	15	26	21	19.	11,5	13,5	9
7.	19,5	28	20,5	20.	10,3	12	11
8.	13	16	12,5	21.	12	13,5	11,5
9.	18	19	16,5	22.	10	15	9
10.	21,5	23	16,5	23.	10,5	19	10,5
11.	19	20	14	24.	13,5	19	11
12.	15	17	10	25.	12	14,5	12
13.	12	21	13	26.	12,5	12,5	9,5
14.	13	14	11	27.	7,5	10,5	8
15.	11	12,5	11	28.	8,5	12	7,8
16.	13,5	18	11	29.	9	10	8,8
17.	13,5	17	10	30.	6	10	8,5
18.	12,5	13,5	10,5	31.	9,5	9	6,8
19.	11,5	18	10	Novemb. 1.	6	6	5
20.	11	15	9	2.	6	6,5	5,3
21.	12	13,5	11	3.	5,5	6	5,3
22.	13,5	18	11,8	4.	7	8	6,8
23.	17,5	20	13	5.	5,5	9	7
24.	10	21	12,5	6.	6	8,5	6,5
25.	11,5	19	12	7.	5	6	5,3
26.	15,5	24	14				

Drittes Kapitel.

Einfluß hoher Bodentemperaturen von kurzer Dauer auf die Vegetation.

Die Versuche des vorigen Kapitels hatten uns überzeugt, daß eine während der Dauer der ganzen Vegetationszeit konstante Bodentemperatur von etwa 20° C. die für die Entwicklung der Gerste günstigsten Bedingungen bietet; eine konstante Bodentemperatur von 30° C. hatte schon nachteilige Erscheinungen im Gefolge und eine dauernde Bodentemperatur von 40° C. zeigte sich für die Gerste geradezu verderblich.

Nun stand es fest, daß schon in den oberen Schichten des gewöhnlichen Ackerbodens sich die Temperatur innerhalb jener günstigsten Grenzen nicht dauernd erhält, und ebensowenig konnte daran gezweifelt werden, daß in den kleineren Bodenmassen unserer Kulturgefäße die Wärme noch öfter und weiter zu den schädlichen Höhen hinauf schwankte.

Freilich wußte man andererseits, daß sowohl sehr hohe als sehr niedere Temperaturen, welche, falls sie lange anhalten, die Pflanzen unbedingt töten, von diesen scheinbar ohne Nachteil ertragen werden, wenn sie nur kurze Zeit wirken können. Es ließen sich aber nach dieser Erfahrung folgende weitere Fragen von uns nicht abweisen:

1. Wie hoch kann die Bodentemperatur in den Kulturgefäßen bei der von uns benutzten Versuchsmethode unter den ungünstigsten Bedingungen überhaupt steigen?

2. Inwieweit vermögen die so ermittelten höchsten Temperaturen auch bei kurzer Dauer schädlich zu wirken?

3. Inwieweit vermögen die einfachen Schutzmittel, die wir, ohne unsere Methode zu kompliziert zu machen,

anwenden konnten, etwaige schädliche Einflüsse auszugleichen oder zu verhindern?

Glücklicherweise befähigten uns einige schon früher gemachte Beobachtungen, diese Fragen zu beantworten und überhoben uns der Mühe, eine neue Versuchsreihe deshalb zu beginnen.

Im Jahre 1865 waren neun Kulturgefäße, die mit Gerste besät waren und sich übrigens unter vollkommen gleichen Versuchsbedingungen befanden, derart verschieden auf unserm Vegetationswagen aufgestellt, daß die ersten drei, Nro. 433, 434 und 435, ohne jeden Schutz den Einflüssen der Luftwärme wie der direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt blieben.

Drei andere, Nro. 436, 437 und 438, fanden ihre Stellung hinter einfachen Schutzbrettern, welche, auf scharfer Kante stehend, etwa 3 bis 4 cm höher waren als diese, und so den Boden beschatteten, ohne die Wirkung der direkten Sonnenstrahlen von dem oberirdischen Teile der Pflanzen abzuhalten.

Die drei letzten endlich, Nro. 439, 440 und 441, wurden ebenfalls hinter solche Schutzbretter gestellt, zugleich aber noch mit einer ziemlich starken Lage von Werg (behufs schlechterer Wärmeleitung) umkleidet und an den heißesten Tagen dadurch sogar noch etwas gekühlt, daß man dann und wann (aber unregelmäßig) die äußere Werglage mit Wasser anfeuchtete.

In die Gefäße Nro. 433, 436 und 439 waren gleich bei der Bestellung Bodenthermometer derart eingesetzt, daß ihre Kugel sich 5 cm unter der Bodenoberfläche und 4,5 cm von der nach Süden gerichteten Gefäßwand entfernt befand. (Der Bodenkonus in den Gefäßen hatte einen oberen Durchmesser von 14,5, einen unteren von 12,5 und eine Höhe von 18,5 cm.)

Um einen Maßstab zum Vergleiche mit der im freien Felde herrschenden Bodentemperatur zu gewinnen, war endlich noch ein viertes Thermometer — mit der Kugel ebenfalls 5 cm tief — in ein unmittelbar neben dem Vegetationswagen liegendes und mit Gerste bestelltes Stück Gartenland eingesenkt worden.

Wir geben zunächst die Temperaturen, wie sie an den vier Thermometern während der Zeit, in welcher die Pflanzen am kräftigsten vegetierten, morgens 7 Uhr, mittags 2 Uhr und abends 9 Uhr, beobachtet wurden, in Celsius-Graden:

Datum	Morgentemperatur				Mittagstemperatur				Abendtemperatur			
	Gartenboden	Gefäßs Nro. 439 doppelt geschützt	Gefäßs Nro. 436 einfach geschützt	Gefäßs Nro. 433 schutzlos	Gartenboden	Gefäßs Nro. 439 doppelt geschützt	Gefäßs Nro. 436 einfach geschützt	Gefäßs Nro. 433 schutzlos	Gartenboden	Gefäßs Nro. 439 doppelt geschützt	Gefäßs Nro. 436 einfach geschützt	Gefäßs Nro. 433 schutzlos
Juni												
26.	13,0	12,0	13,0	12,2	14,5	15,0	16,0	16,1	13,5	14,0	14,0	13,0
27.	9,9	9,5	10,5	9,5	15,1	17,2	19,9	20,1	13,0	14,9	15,0	14,0
28.	10,0	9,5	10,9	10,5	16,1	18,9	19,0	20,9	13,5	13,8	13,2	13,0
29.	9,0	9,0	9,5	15,5	18,5	20,5	25,1	27,2	17,1	15,0	15,9	13,1
30.	12,5	11,1	12,0	11,2	18,5	20,5	22,5	25,9	16,0	18,0	17,2	16,0
Juli												
1.	12,0	12,5	14,0	16,5	20,0	21,5	24,0	32,2	17,9	18,9	17,9	16,0
2.	14,5	14,0	14,0	12,9	17,0	18,5	19,0	21,1	16,0	17,0	17,0	16,2
3.	14,0	14,0	14,5	14,0	16,0	17,0	18,0	19,9	15,5	16,5	16,5	16,1
4.	12,1	11,1	12,0	13,5	20,0	22,0	25,9	37,1	19,0	20,5	21,2	21,0
5.	15,0	15,1	16,2	18,9	22,5	24,9	28,1	35,9	20,9	22,2	23,0	22,9
6.	18,0	19,1	20,2	20,8	26,0	26,2	29,1	37,0	22,9	22,6	23,0	22,8
7.	17,9	17,0	18,0	21,0	28,0	30,0	35,0	49,5	25,0	27,0	28,0	28,5
8.	21,0	21,9	22,9	27,3	28,9	30,1	34,0	49,2	25,1	25,2	26,0	26,4
9.	20,8	20,0	21,1	22,2	28,0	24,9	27,9	34,0	24,2	22,0	22,6	22,0
10.	20,0	17,1	17,9	16,9	20,8	19,2	20,1	22,0	19,9	18,1	18,2	17,2
11.	16,5	14,5	15,5	19,0	21,8	21,2	25,0	37,0	20,0	18,8	19,8	19,0
12.	17,3	16,0	17,1	17,0	19,5	18,8	21,0	27,1	18,0	17,5	18,0	18,0
13.	13,9	11,5	12,8	17,3	20,9	21,0	24,5	38,3	18,4	16,9	17,0	15,5
14.	14,9	12,8	14,2	16,1	24,0	25,3	30,5	44,6	21,4	21,8	22,5	22,0
15.	17,3	16,3	17,5	19,0	26,1	30,0	35,2	52,8	24,0	25,0	25,0	24,3
16.	19,0	18,8	20,5	28,1	27,1	31,8	36,4	51,6	25,0	24,2	25,4	25,3
17.	19,5	17,6	18,8	21,2	27,3	31,7	36,5	53,1	25,2	24,4	25,1	25,1
18.	20,7	19,9	21,1	24,8	29,2	32,8	36,9	50,9	27,1	26,5	26,7	26,5
19.	22,0	20,7	21,5	24,9	30,2	31,9	37,1	52,6	29,0	28,9	30,1	29,9
20.	23,6	22,2	23,2	26,8	31,1	34,2	40,6	56,9	29,2	28,2	30,0	29,8
21.	23,8	21,5	22,8	26,0	31,5	28,6	33,4	41,0	29,2	28,5	31,0	30,8
22.	23,9	21,8	23,4	28,1	30,9	31,2	34,5	41,5	28,4	25,2	27,2	28,1
23.	22,9	20,4	21,5	23,2	28,1	27,5	29,9	35,5	25,0	23,5	23,5	24,0
24.	20,5	19,0	20,5	27,7	28,5	27,0	30,4	43,6	26,2	22,8	23,8	23,5
25.	21,9	19,8	20,8	21,1	29,1	29,1	33,5	42,8	27,5	25,1	25,4	26,8
26.	23,0	21,5	22,2	23,2	30,2	30,0	34,0	43,6	27,9	27,0	27,1	29,0
27.	22,9	20,9	21,5	24,0	30,5	29,2	34,4	43,5	28,0	28,0	24,0	23,9
28.	22,9	19,9	21,0	23,2	27,5	26,9	29,6	35,0	26,0	23,5	24,3	25,1
29.	20,9	15,9	16,8	18,2	27,0	24,1	28,9	30,0	25,2	22,0	22,5	23,9
30.	20,0	16,0	16,4	17,5	28,1	27,2	32,0	34,2	30,0	21,0	20,0	18,2
31.	19,9	15,2	16,2	16,8	25,4	25,0	28,1	31,1	24,9	23,1	24,0	25,0

Datum	Morgentemperatur				Mittagstemperatur				Abendtemperatur			
	Gartenboden	Gefäßs Nro. 439 doppelt geschützt	Gefäßs Nro. 436 einfach geschützt	Gefäßs Nro. 433 schutzlos	Gartenboden	Gefäßs Nro. 439 doppelt geschützt	Gefäßs Nro. 436 einfach geschützt	Gefäßs Nro. 433 schutzlos	Gartenboden	Gefäßs Nro. 439 doppelt geschützt	Gefäßs Nro. 436 einfach geschützt	Gefäßs Nro. 433 schutzlos
August												
1.	21,0	18,2	18,5	18,5	23,4	24,0	27,0	29,8	20,5	18,4	19,0	19,2
2.	17,8	13,8	14,0	16,8	25,0	22,0	25,8	29,4	22,5	19,0	19,5	19,5
3.	18,0	13,3	14,5	17,6	21,8	21,2	23,3	25,3	21,0	19,3	20,0	20,1
4.	17,3	13,7	14,3	14,0	20,0	19,5	21,8	24,0	20,0	18,5	19,0	19,5
5.	16,5	12,5	13,8	13,0	17,2	15,8	17,0	17,9	16,0	13,5	14,1	13,5
6.		?			16,9	17,3	19,0	19,4	16,1	15,9	17,0	16,9
7.	14,0	12,3	13,2	12,9	19,9	22,0	25,5	28,0	19,0	20,0	20,8	21,0
8.	16,2	16,0	17,1	17,8	21,9	24,5	27,5	30,0	19,5	20,1	21,0	21,0
9.	17,1	16,1	17,2	18,8			?				?	
10.	14,5	12,3	13,6	16,5	18,0	24,8	28,2	30,2	18,8	22,6	24,1	24,6
11.	16,5	16,1	16,9	17,2	19,1	28,8	33,4	41,0	21,0	23,0	24,2	24,8
12.	18,8	19,7	20,8	21,1	21,1	28,3	31,5	34,5	21,9	27,0	27,3	28,3
13.	19,0	20,8	21,5	24,7	27,0	33,0	36,9	39,0	22,0	25,1	26,4	29,0
14.	19,2	20,2	20,6	20,6	20,5	21,2	22,0	22,9	20,1	20,5	20,8	21,0

Als Mittelwärme in den 50 Beobachtungstagen würde sich hieraus berechnen:

a. Für die Morgentemperatur:

In dem Gartenboden	17,81° C.
„ Gefäßs Nro. 439 (mit Schutzbrettern und Wergringen geschützt)	16,33
„ „ „ 436 (mit bloßen Schutzbrettern versehen)	17,31
„ „ „ 433 (vollständig schutzlos hingestellt)	19,09

b. Für die Mittagstemperatur:

In dem Gartenboden	23,58° C.
„ Gefäßs Nro. 439 (mit Schutzbrettern und Wergringen geschützt)	24,76
„ „ „ 436 (mit bloßen Schutzbrettern versehen)	28,06
„ „ „ 433 (vollständig schutzlos hingestellt)	34,82

c. Für die Abendtemperatur:

In dem Gartenboden	21,91° C.
„ Gefäßs Nro. 439 (mit Schutzbrettern und Wergringen geschützt)	21,34
„ „ „ 436 (mit bloßen Schutzbrettern versehen)	21,92
„ „ „ 433 (vollständig schutzlos hingestellt)	21,84

Diese Thermometerbeobachtungen bestätigen zunächst die a priori gemachte Voraussetzung, daß die täglichen Wärmeschwankungen in

unseren Kulturgefäßen um ein Bedeutendes größer waren, als in dem Feldboden.

Sie lassen ferner, obgleich Nachtbeobachtungen an den Thermometern nicht speziell gemacht wurden, keinen Zweifel darüber, daß sich der Boden in unseren Gefäßen über Nacht merklich weiter herabkühlte, als die Erde des freien Landes.

Wenn letzteres in den Zahlen der vorstehenden Tabelle nicht sofort in die Augen springt, so sind die Gründe dafür die, daß erstens der Vegetationswagen mit den Kulturgefäßen, so oft das Wetter nicht ganz sicher schien, über Nacht in dem Glashause untergebracht wurde, und daß zweitens bei dem wolkenlos heiteren Himmel, welcher in diesem Jahre fast die ganze Vegetationszeit hindurch herrschte, früh 7 Uhr schon die Morgensonne ein paar Stunden lang ihre Wirkung geübt hatte.

An den Tagen, an welchen der Vegetationswagen auch über Nacht im Freien gelassen war, oder wo der Himmel früh bedeckt blieb, fand man die Thermometer in unseren Kulturgefäßen noch früh 7 Uhr immer und zwar bisweilen um zwei bis drei Grade niedriger stehend, als im freien Felde. So notierte man:

	Im Gartenboden	In Nro. 436 (mit Schutzbrett)	In Nro. 433 (schutzlos)
Am 10. Juli	20,0 ⁰	17,9 ⁰	16,9 ⁰
„ 29. „	20,9	16,8	18,2
„ 31. „	19,9	16,2	16,8
„ 1. August	21,0	18,5	18,5
„ 4. „	17,3	14,3	14,0
„ 5. „	16,5	13,8	13,0

Mit der höher tretenden Sonne und der steigenden Luftwärme hob sich nun die Bodentemperatur in den Kulturgefäßen gegen Mittag hin viel rascher und energischer, als im freien Lande, so daß die Mittagstemperaturen in den ersteren — wenn wir vorläufig von der bisweilen gekühlten Nro. 439 ganz absehen — ziemlich ausnahmslos einen bedeutend höheren Stand erreichten, als in dem letzteren. So stieg die Bodentemperatur zur Zeit des Wärmemaximums (nachmittags 2 Uhr) in dem noch durch ein Schutzbrett beschatteten Gefäße Nro. 436 an sehr heißen sonnigen Tagen bis 9⁰, und einmal sogar (am 11. August) bis 14⁰ C. über die Temperatur des Gartenbodens, und in dem vollständig schutzlos der Luft und den Sonnen-

strahlen ausgesetzten Boden der Nummer 433 erreichte die Mittagswärme eine Höhe, welche die des Gartenbodens öfter um 20° und ein paarmal um fast 23° C. übertraf.

Mit der sinkenden Sonne am Nachmittage kühlte sich dann der Boden in den Kulturgefäßen ebenso rasch wieder ab, als er sich am Vormittage erwärmt hatte, so daß er mit Beginn der Nacht in der Regel dieselbe Temperatur hatte, wie der Gartenboden. Bei den Abendbeobachtungen um 9 Uhr nachmittags zeigten die Thermometer in den Gefäßen in bei weitem der Mehrzahl der Fälle fast genau dieselben Grade, wie das im Gartenboden versenkte, — nur nach sehr sonnigen Nachmittagen standen sie noch um einige Grade höher, bei bedecktem Himmel um einige Grade niedriger.

Die stärksten Temperaturschwankungen, die überhaupt im Verlaufe eines Tages beobachtet wurden, waren:

		7 Uhr früh ° C.	2 Uhr nachmittags ° C.	Diffe- renz ° C.
Im Gartenboden	7. Juli	17,9	28,0	10,1
In Kulturgefäß Nro. 439 (doppelt geschützt)	17. „	17,6	31,7	14,1
„ „ „ 436 (Schutzbrett) . . .	15. „	17,5	35,2	17,7
„ „ „ 433 (schutzlos)	15. „	19,0	52,8	33,8

während die Mitteltemperaturen der 50 Beobachtungstage als Durchschnitt der täglichen Schwankung ergeben:

		7 Uhr früh ° C.	2 Uhr nachmittags ° C.	Diffe- renz ° C.
Im Gartenboden		17,81	23,58	5,77
In Kulturgefäß Nro. 439 (doppelt geschützt) . .		16,33	24,76	8,43
„ „ „ 436 (Schutzbrett)		17,31	28,06	10,75
„ „ „ 433 (schutzlos)		19,09	34,82	15,73

Vergleicht man die höchsten Temperaturen, welche unsere Böden in den ersten Nachmittagsstunden annahmen, mit dem Normalstande von + 20° C., welchen die im vorigen Kapitel beschriebenen Versuche als den bei konstanter Wirkung günstigsten Wärmegrad für die Entwicklung der Gerste gezeigt hatten, so sieht man, daß dieselben häufig erschreckend weit über diesen hinausgingen.

In der außergewöhnlichen Hitzeperiode, die vom 6. bis 28. Juli mit der einzigen kurzen Unterbrechung vom 10. bis 13. anhielt, erreichte die Temperatur an den Mittagen:

im Gartenboden die Höhe von	24—31° C.
in Nro. 439 (doppelt geschützt) die Höhe von . .	25—33
„ „ 436 (Schutzbrett) „ „ „ . .	28—37
„ „ 433 (schutzlos) „ „ „ . .	34—53

und am schlimmsten Tage (den 20. resp. 21. Juli) stieg die Bodentemperatur vorübergehend sogar einmal:

im Gartenboden bis zu	31,5° C.
in Nro. 439 (doppelt geschützt) bis zu . . .	34,2
„ „ 436 (Schutzbrett) „ „ . . .	40,6
„ „ 433 (schutzlos) „ „ . . .	56,9

Wir müssen hier anfügen, daß der Juli des Jahres 1865 in seinen Wärmeverhältnissen ganz abnorm war.

Während das normale Monatsmittel der Wärme im Juli für Dahme 18,5° C. ist, stieg die Mitteltemperatur des Juli im Jahre 1865 auf 21,3° C.

Als Durchschnitt der nachmittags 2 Uhr gemachten Thermometerbeobachtungen ergaben sich 26,4° C. und das Maximum der zu derselben Zeit im Schatten gefundenen Wärme wurde

im Juli des Jahres 1865 mit 38,6° C.	
„ „ „ „ 1866 „ 28,3	und
„ „ „ „ 1867 „ 27,8	

notiert.

Auf unsere Versuchspflanzen übte diese ganz ungewöhnliche, lange anhaltende Tropenhitze, die noch dazu mit einer ganz abnormen Trockenheit der Luft verbunden war, einen um so nachteiligeren Einfluß aus, als dieselben Mitte Juli gerade in der Periode der stärksten Assimilation standen, wie daraus hervorgeht, daß am 18. Juli in allen Versuchsgefäßen ziemlich gleichzeitig von den ersten Ähren die Spitzen der Grannen gezeigt wurden.

Die Pflanzen blieben zunächst kurz und arm im Stroh, weiterhin zeigten sich an allen Ähren eine größere Anzahl von Ährchen taub, als sonst gewöhnlich, und endlich erreichten auch die Körner nicht den Grad von Vollkommenheit, wie in anderen Jahren. Kurz die Pflanzen zeigten alle bekannten Erscheinungen der Notreife, und wir machten in diesem Jahre nicht viel mehr als die Hälfte einer Durchschnittsernte. (Was wir unter einer Durchschnitts- oder Normalernte in unseren Kulturgefäßen verstehen, werden wir in einem späteren Abschnitte ausführlich motivieren.)

Besonders bemerkt zu werden verdient es, dafs bei alledem keine einzige Pflanze (auch nicht in den schutzlos der Sonne preisgegebenen Nummern 433 bis 435) vollständig zu Grunde ging, ja dafs keine einzige die Ährenbildung und den Samenansatz ganz versagte. Ob die Wurzeln durch die hohen Wärmegrade teilweise getötet waren (was wahrscheinlich ist) und ob sie in den verschiedenen Gefäfsen ungleich geschädigt oder ungleich entwickelt waren, liefs sich bei der erst am letzten August erfolgten Ernte nicht mehr konstatieren, weil das feine Fasergewebe überall schon in Zersetzung übergegangen war.

Die nachteiligen Folgen der Notreife wurden übrigens in allen Stücken von der im freien Felde wachsenden Gerste mit unsren Versuchspflanzen geteilt. Selbstverständlich ist die Grundursache derselben nicht nur in der abnormen Bodentemperatur, sondern wohl noch mehr in dem schädlichen Einflusse zu hoher Wärme- und Lichtintensität auf den Assimilations- und Verdunstungsprozefs in den Lauborganen zu suchen.

Dafs aber die verschiedene Bodenwärme auch in dieser Versuchsreihe nicht wirkungslos blieb, zeigte sich schon während der Vegetation in dem sichtlichen Zurückbleiben der Pflanzen in den schutzlos gelassenen Nummern 433 bis 435, und noch mehr in den Ernteresultaten, die wir jetzt mit Voransetzung der bisher noch nicht erwähnten allgemeinen Versuchsbedingungen folgen lassen.

Als Versuchsboden wurde Quarzsand benutzt und zwar 4 kg pro Kulturgefäfs, dem als Nährstoffmischung zugesetzt wurde (pro Kulturgefäfs):

10 mg-Äquiv.	=	1361 mg	saures phosphorsaures Kali	($\text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}, \text{P}_2\text{O}_5$)
5 "	=	292 "	Kochsalz	(NaCl)
5 "	=	300 "	schwefelsaure Magnesia . .	(MgO, SO_3)
15 "	=	1230 "	salpetersaurer Kalk	(CaO N O_5).

Zur Aussaat gelangten am 7. Juni 1865 in jedes Kulturgefäfs acht Gerstensamen, die vorher in destilliertem Wasser bis zum Hervortreiben des Würzelchens angekeimt waren. Das spezifische Gewicht derselben lag zwischen 1,19 und 1,22, — ihre absolute Schwere in lufttrocknem Zustande zwischen 30 und 36 mg.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde während der ganzen Versuchsdauer zwischen 60 und 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwankend erhalten:

Geerntet wurde am 31. August:

Laufende Versuchsnummer	Bodenschutz	Anzahl der				Länge der Halme cm
		Pflanzen	ährentragenden Halme	Ähren	entwickelten Samen	
433.	schutzlos	8	8	39 36 33 30 27 27 27 27	18 16 23 19 16 17 8 19	47 49 50 50 53 55 59 59
434.		8	8	33 33 33 33 33 33 30 27	23 21 18 20 16 9 21 7	50 51 51 52 54 55 56 56
435.		8	10	33 30 27 27 27 27 24 24 24 15	21 3 20 13 10 1 18 — 1 4	52 38 41 44 46 50 63 49 26 57
		das ist in Summa:				
433.		8	8	246	136	
434.		8	8	255	135	
435.		8	10	258	91	
		und im Durchschnitt der drei Nummern pro Gefäß:				
		8	9	253	121	

436.	hinter einfachen Schutz- brettern	8	9	39 39 39 33	33 26 25 17	81 75 70 69
437.		8	8	33 27 24 21 15	17 17 9 7 —	67 65 64 53 48
438.		8	8	39 36 33 33 33 33 30 27	29 26 24 20 20 18 17 16	69 69 68 60 66 64 63 63
		das ist in Summa:		30 30 30 30 30 30 30 24	20 22 22 21 20 20 16 14	71 66 65 64 64 63 62 58
436.		8	9	270	151	
437.		8	8	264	170	
438.		8	8	234	155	
		und im Durchschnitte der drei Nummern pro Gefäß:		8	159	
439.	doppelt geschützt und zeitweise gekühlt	8	9	36 33 33 33	28 22 19 19	72 70 68 67
440.		8	8	30 30 30 24 21	16 13 18 10 5	65 63 61 45 39
441.		8	8	42 36 36 33 30 30 27 18	34 28 27 26 24 22 16 8	61 57 56 56 55 52 50 44
		das ist in Summa:		33 30 30 30 30 30 30 27	24 21 20 22 20 14 20 13	72 69 69 68 62 61 59 54
439.		8	9	270	150	
440.		8	8	252	185	
441.		8	8	240	154	
		und im Durchschnitte der drei Nummern pro Gefäß:		8	163	

Die Gewichtsverhältnisse der Ernte ergaben sich wie folgt:

Laufende Versuchs- nummer	Bodenschutz	Geerntete Trockensubstanz			Relatives Verhältniß		Je ein Korn wog trocken im Durchschnitt mg
		Körner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg	Sa. der Ernte = 100 gesetzt	Körner Stroh und Spreu	
433.	schutzlos	3089	4475	7 564	40,8	59,2	23
434.		3515	5095	8 610	40,8	59,2	26
435.		1997	4662	6 659	30,0	70,0	22
Mittel		2867	4744	7 611	37,7	62,3	24
436.	mit einfachen Schutzbrettern	4368	6669	11 037	39,6	60,4	29
437.		4853	5816	10 669	45,5	54,5	29
438.		3895	5330	9 225	42,2	57,8	25
Mittel		4372	5938	10 310	42,4	57,6	28
439.	doppelt geschützt und zeitweise gekühlt	4494	5977	10 471	42,9	57,1	30
440.		4228	4854	9 082	46,6	53,4	23
441.		3522	4910	8 432	41,8	58,2	23
Mittel		4081	5247	9 328	43,8	56,2	25

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse lassen sich die drei eingangs gestellten Fragen dahin beantworten:

„1. Wie hoch kann die Bodentemperatur in den Kulturgefäßen bei der von uns benutzten Versuchsmethode unter den ungünstigsten Bedingungen steigen?“

Schlimmsten Falls konnte die Temperatur in dem durch einfache Schutzbretter beschatteten Sande unserer Kulturgefäße (und dies war die Art der Aufstellung, die bei allen unseren Versuchen, wenn nicht eine Veränderung ausdrücklich erwähnt ist, regelmäßig in Anwendung kam) vorübergehend bis gegen 40° C. steigen, d. h. bis zu der Grenze der Temperatur, wo sie bei dauernder Wirkung für die Wurzeln der Gerstpflanze tödlich wird.

In den ganz unbeschatteten und dem Anprall des direkten Sonnenlichtes frei ausgesetzten Kulturgefäßen erreichte der Sand sogar wiederholt Temperaturen von ansehnlich über 50° C.

Wir können getrost sagen „schlimmsten Falls“, denn, wie schon nachgewiesen, war die Wärme während der Vegetationszeit im Jahre 1865 ganz abnorm und dürfte in gleicher Höhe und Dauer nur in ganz seltenen Fällen wiederkehren. (Es ist als ein höchst glücklicher Zufall zu betrachten, daß wir gerade das Jahr 1865 zur Ausführung dieser Versuchsreihe wählten.)

„2. Inwieweit vermögen diese höchsten Bodentemperaturen auch bei kurzer Dauer schädlich zu wirken?“

Die Entwicklung der im einfach beschatteten und der im doppelt geschützten Boden wachsenden Pflanzen bot niemals eine bemerkenswerte Verschiedenheit dar, während die im ungeschützten Boden vegetierenden Exemplare ausnahmslos kürzer im Stroh und ärmer in den Ähren blieben.

Die Länge der acht ährentragenden Haupthalme betrug durchschnittlich:

in den schutzlos gelassenen	{	Nro. 433.	53 cm
		„ 434.	53 „
		„ 435.	50 „

in den hinter einfache Schutzbretter gestellten	{	Nro. 436. 68 cm
		„ 437. 66 „
		„ 438. 65 „
in den doppelt geschützten und zeitweise gekühlten	{	„ 439. 64 „
		„ 440. 54 „
		„ 441. 64 „

Während ferner die Ähren in allen drei Gefäßgruppen ungefähr gleich lang waren und fast genau gleich viel Ährchen zählten, brachten sie Samen zur Entwicklung:

Nro. 433—435	(schutzlos)	im Durchschnitte pro Gefäß	nur 121 Stück
„ 436—438	(einfach geschützt)	„ „ „	dagegen 159 „
„ 439—441	(doppelt geschützt)	„ „ „	„ 163 „

Das Trockengewicht der geernteten Körner betrug:

Nro. 433—435	(schutzlos)	im Durchschnitte pro Gefäß	2867 mg
„ 436—438	(einfach geschützt)	„ „ „	4372 „
„ 439—441	(doppelt geschützt)	„ „ „	4081 „

Und die Körnerernte machte von der Gesamtproduktion aus:

In Nro. 433—435	(schutzlos)	37,7 Proz.
„ „ 436—438	(einfach geschützt)	42,4 „
„ „ 439—441	(doppelt geschützt)	43,8 „

Alle diese Beobachtungen beweisen, dass die Vegetation in den durch einfache Schutzbretter beschatteten Gefäßen in keiner Beziehung schlechter verlief, als in den noch mit einem schlechten Wärmeleiter umgebenen und zeitweise gekühlten, und wir schliessen daraus, dafs Schwankungen der Bodenwärme bis zu 37°, ja selbst bis zu 40° C. hinauf, falls sie schnell vorübergehen, von der Gerste ohne merklichen Nachteil ertragen werden. — Eine kurz dauernde Steigerung der Bodentemperatur selbst bis auf 57° C. tötet die Gerstpflanze noch nicht, hemmt sie aber entschieden in ihrer normalen Entwicklung.

„3. Inwieweit vermögen die einfachen Schutzmittel, die wir, um unsere Methode nicht zu kompliziert zu machen, anwendeten, schädliche Einflüsse zu hoher Wärme zu verhindern?“

Durch einfache Schutzbretter, welche aufrecht neben die Gefäße gestellt wurden und dieselben beschatteten, wurde im Vergleich zu den vollkommen frei exponierten Nummern das äußerste

Wärmemaximum im Boden von $56,9^{\circ}$ auf $40,6^{\circ}$ C. und die größte tägliche Temperaturschwankung von $33,8^{\circ}$ auf $17,7^{\circ}$ C. herabgedrückt. Damit hatte man allerdings die Regelmäßigkeit des Wärmeganges, wie sie im freien Lande statthatte, noch nicht erreicht (dort stieg das Wärmemaximum nur auf $31,5^{\circ}$ und die größte tägliche Schwankung nur auf $10,1^{\circ}$ C.), aber man hatte sich derselben doch bedeutend genähert und jedenfalls den schädlichen Wärmec extremen die Spitze abgebrochen.

Durch weitere Anwendung einer schlechtleitenden Hülle um die Gefäße und zeitweise Benetzung derselben gelang es leicht, die Wärmemaxima wie die Wärmeschwankungen noch weiter zu ermäßigen, und es ist kein Zweifel, daß bei einer noch sorgfältigeren und regelmässigeren Benutzung beider Hilfsmittel man die Regelmäßigkeit des Wärmeganges im freien Lande hätte ganz erreichen, ja wohl auch noch übertreffen können. Aber zunächst zeigte sich von der Einrichtung nicht der geringste weitere Vorteil für die Vegetation der Pflanzen, und die Ernteerträge erwiesen den einfachen Schutz durch die Bretter als genügend. Sodann genierten die doppelten Schutzvorrichtungen merklich bei den täglichen Wägungen der Gefäße, die behufs Ersatzes des verdunsteten Wassers vorgenommen wurden. Und endlich stieg das gewiß gerechtfertigte Bedenken auf, ob es wohl möglich sei, eine große Anzahl von Kulturgefäßen mit diesen Hilfsmitteln auch immer ganz gleich weit zu kühlen.

Die Summe dieser Erwägungen bewog uns schließlich, es auch in Zukunft bei dem Schutze unserer Kulturgefäße durch einfache Seitenbretter bewenden zu lassen, und wir können mit Genugthuung konstatieren, daß in den folgenden Jahren (welche allerdings sämtlich in ihren Wärmeverhältnissen normaler verliefen, als das Jahr 1865) nie eine mißliebige Erscheinung in dem Wachstume unserer Kulturpflanzen auftrat, die uns die Vernachlässigung weiterer Schutzmaßregeln hätte bereuen lassen.

Viertes Kapitel.

Einige allgemeine Bemerkungen über das Wärme- und Lichtbedürfnis der Pflanzen in verschiedenen Lebensperioden. — Einfluß der Saatzeit.

Die verschiedenen physiologischen Funktionen im Pflanzenleben vollziehen sich nicht sämtlich unter gleichen Wärme- und Lichtverhältnissen am besten, sondern verlangen hierzu ungleiche Licht- und Wärmemengen.

So beansprucht der Atmungsprozess die geringste Wärmehöhe und vollzieht sich noch bei gänzlicher Abwesenheit von Licht. Stärkere Ansprüche nach beiden Richtungen macht der Prozess der Kohlenstoffassimilation durch Zersetzung der Kohlensäure in den Chlorophyllkugeln. Noch höhere Intensität der Wärme resp. des Lichtes wird verlangt für die Bildung gewisser chemischer Verbindungen (in Deutschland oder England gewachsene Rosen enthalten nie die gleiche Menge wohlriechenden Öles, wie die in Südfrankreich, Griechenland oder Persien gezogenen; in Schweden und Norwegen erzeugte Beerenfrüchte sind vielleicht aromatischer, aber immer viel saurer, als die in südlicheren Gegenden Europas gewachsenen; nur in warmen Lagen und in heißen Jahrgängen erzeugt die Traube das Maximum von Zucker).

Diese und andere einzelne physiologische Funktionen erlangen nun in den verschiedenen Lebensperioden der Pflanze dadurch eine ungleiche Bedeutung für das Gesamtleben derselben, daß bald die eine, bald die andere vorwaltet. Die logische Folge davon ist, daß auch die ganze Pflanze in verschiedenen Lebensaltern verschiedene Licht- und Wärmeintensitäten verlangt.

Die Versuche des ersten Kapitels aus diesem Abschnitte hatten uns gezeigt, daß die Samen gewisser Pflanzenarten ihr Würzelchen und ihre Kotyledonen noch bei Temperaturen zu entwickeln vermögen, bei denen eine weitere Fortbildung der Lauborgane nicht

möglich ist. — Viele aus wärmeren Klimaten eingeführte Pflanzenarten entfalten bei uns ihre Stengel und Blätter in aller Vollkommenheit, bringen es aber nicht zur Erzeugung von Früchten. (Ein patriotisch gesinntes Dahmenser Kind, das nach Michigan ausgewandert war, sandte uns einmal in treuer Anhänglichkeit an sein altes Vaterland eine ganze Anzahl von Maissorten zu mit der Bitte, den Anbau derselben in der Mark einzuführen. „Der Ertrag derselben sei enorm, und daß sie auch bei uns vortrefflich gedeihen würden, daran zweifle Einsender nicht, denn der Boden seiner Farm sei dem in der Umgegend von Dahme sehr ähnlich, und die durchschnittliche Jahrestemperatur seiner neuen Heimat ungefähr dieselbe, wenn nicht noch niedriger, wie die der Mark Brandenburg, jedenfalls seien die Winter viel härter.“ Bei dieser Schlusfolgerung war leider vergessen, daß in dem kontinentalen Klima Nordamerikas nicht nur die Winterkälte, sondern in gleichem Maße auch die Sommerwärme viel intensiver ist, als in dem insularen Klima Europas, und daß aus diesem Grunde der wohlmeinenden Absicht von vornherein kein Erfolg zu versprechen war. Wir bauten trotzdem die erhaltenen Sorten mit Sorgfalt an, aber die meisten davon setzten gar keine Fruchtstände an, und die wenigen, welche Kolben trugen, brachten die Körner nicht zur Reife, ja nicht einmal zu einem nur halbwegs befriedigenden Grade der Entwicklung.)

Es fehlt noch viel, daß alle hierhin einschlagenden Verhältnisse durch exakte Versuche schon vollkommen klargelegt wären, aber soviel wenigstens geht aus den gemachten Beobachtungen hervor, daß die Pflanze steigend immer mehr Licht und Wärme verlangt, je älter sie wird.

Und die Aufforderung, diese Erfahrung sorgfältigst zu nützen, lag uns bei unseren speziellen Bestrebungen nicht so fern, als dies für den ersten Augenblick scheinen möchte.

Unsere landwirtschaftlichen Kulturgewächse sind um nichts weniger empfindlich gegen die Einflüsse von Wärme und Licht, als jede andere Pflanzenart. Man braucht sich nicht lange mit der Kultur derselben zu beschäftigen, um zu sehen, daß jede etwas stärkere und länger dauernde Abweichung von der erwähnten regelmäßigen Steigerung der Temperatur und Lichtintensität auch bei ihnen stets Unregelmäßigkeiten in der Entwicklung im Gefolge hat.

Fällt der Höhepunkt der Temperatur und der Lichtintensität

nicht mit der letzten Lebensperiode der Pflanze zusammen, sondern trifft er dieselbe etwa in der Mitte ihrer Vegetationszeit, d. h. in der Periode der lebhaftesten Laubbildung, so wird das Gesamtwachstum sichtlich gehemmt, die Produktion bleibt zurück, als sekundäre Folge leidet, auch wenn später günstigere Verhältnisse eintreten, die Ausbildung der Samen, — die Pflanze wird das, was man im gewöhnlichen Leben „notreif“ nennt.

Fehlt in der letzten Lebensperiode der Pflanze die erforderliche Menge von Wärme und Licht, so bleibt die Ausbildung der Samen eine unvollständige, die in den Blättern vorgebildeten Reservestoffe wandern nicht sämtlich in dieselben über, sondern bleiben mehr oder minder in diesen selbst, den Stengelteilen und Samenhüllen stecken; diese Laubteile sterben in Folge dessen nicht regelmässig ab, sondern bleiben mehr oder minder unverändert grün und saftig; geht der Mifsstand weit, so werden bei teilweise halb ausgebildeten Körnern noch neue Laubtriebe gebildet, — die Pflanze wird, wie man sagt, „zweiwüchsig“ und überhaupt niemals reif.

Nur bei regelmässiger Steigerung der Wärme- und Lichtintensität verlaufen alle Phasen der Vegetation auch regelrecht; Laub und Samen bilden sich in den günstigsten Quantitätsverhältnissen aus; die Pflanze reift normal und schliesst ihre Vegetation in allen einzelnen Teilen glatt und bestimmt ab.

Nun hat zwar der Experimentator den Gang der Wärme nicht in seiner Hand, er weifs aber, dafs im Laufe des Jahres die Intensität der Wärme und des Lichtes von den Winter- zu den Sommermonaten regelmässig steigt und dafs dieselbe in der Zeit von Mitte Juli bis Mitte August ihr Maximum erreicht. Er braucht also nur die Vegetationszeit seiner Pflanzen so zu legen, dafs die Periode der Samenbildung etwa gegen Ende Juli einfällt, um den Forderungen der Natur in dieser Richtung nach bester Möglichkeit nachzukommen. Und das Mittel hierzu bietet sich ihm in der richtigen Wahl der Saatzeit.

Es sind weder Gewohnheiten, noch sonstige wirtschaftliche Gründe, welche in der praktischen Landwirtschaft die Saatzeit für die verschiedenen Kulturgewächse auf bestimmte Zeiten fixiert haben, sondern es ist der Zwang des Verhältnisses, in welchem die Pflanzen zu den kosmischen Agentien stehen.

Diesem Zwange ist auch der experimentierende Agrikultur-

chemiker unterworfen. Mag man Beobachtungen an Pflanzen, die nur Stunden und Tage lang dauern, gern machen, wenn immer man will oder kann; bei Versuchen aber, welche die ganze Lebensdauer einer Pflanze umfassen, wird man die Wahl der geeignetsten Jahreszeit für die Vegetation nur zum empfindlichen Schaden für die Resultate vernachlässigen. —

Wir haben uns nicht gescheut, diesen Betrachtungen hier Worte zu geben, weil wir glauben bemerkt zu haben, daß man gern geneigt ist, der Sache eine geringere Wichtigkeit zuzugestehen, als ihr wirklich zukommt. Wir selbst legten anfangs auf die Wahl einer richtigen Saatzeit keinen hohen Wert und haben in den ersten Jahren unserer Thätigkeit mancherlei Nachteil davon gehabt.

Übrigens sind wir im Stande, die eigentümlichen Erscheinungen, welche in verschiedenen Jahreszeiten, aber sonst unter ganz gleichen Verhältnissen, vegetierende Pflanzen bieten, durch einige Angaben noch näher zu illustrieren.

In der Zeit vom 21. April bis 1. September 1865 hatten wir in Zwischenräumen von vier bis sechs Wochen fünfmal je drei mit Quarzsand gefüllte Kulturgefäße mit Gerste besät und in gewohnter Weise bis zum Schlusse ihrer Vegetation weiter gepflegt.

Alle äußeren Versuchsbedingungen, wie das Saatmaterial, die Nährstoffmischung, die Bodenfeuchtigkeit etc., wurden natürlich für alle Nummern gleich gehalten, und waren dieselben, wie die im vorigen Kapitel bei den Versuchen über den Einfluß kurz anhaltender hoher Bodentemperaturen gegebenen, auf welche wir einfach zurückverweisen.

Die Ansaat erfolgte:

In den Nummern	442, 443	und	444	am	21. April,
„	„	„	445, 446	„	447 „ 28. Mai,
„	„	„	448, 449	„	450 „ 28. Juni,
„	„	„	451, 452	„	453 „ 2. August,
„	„	„	454, 455	„	456 „ 1. September.

So lange die Witterung es erlaubte, fanden sämtliche Gefäße ihre Aufstellung auf dem Vegetationswagen, bei Eintritt des Winters aber wurden die Nummern, welche bis dahin ihre Vegetation noch nicht beendet hatten, in ein kleines Gewächshaus übergeführt. Nach

Bedürfnis wurde dieses geheizt, jedoch nur so, daß die Pflanzen darin vor Frostschaden gesichert waren.

Über die Vegetation der Gerste ist folgendes zu berichten:

In den Nummern 442, 443 und 444 (besäet am 21. April) kamen die jungen Keimpflänzchen leidlich gleichzeitig in den drei Tagen vom 24. bis 26. April aus dem Boden und entwickelten sich bald zu stämmigen, kräftigen Exemplaren. Keine von den je acht Pflanzen pro Gefäß (mit je 4 kg Sand beschickt) hielt sich mit der Bildung von Seitentrieben auf, aber jede brachte einen starken mit breiten Blättern besetzten Halm und trieb Mitte Juni eine schöne schlanke Ähre. Die Samen wurden voll und zu vorzüglicher Vollkommenheit ausgebildet, und in der ersten Hälfte des Juli reiften die Pflanzen in allen ihren Teilen gut und gleichmäÙig aus. Besonders befriedigte der durchaus regelrechte Verlauf und der glatte Abschluß der Vegetation, sowie die groÙe Ausgeglichenheit aller 24 Einzelpflanzen in den drei KontrollegefäÙen.

In den Nummern 445, 446 und 447 (besäet am 28. Mai) erfolgte das Auflaufen der Keimpflanzen in den beiden Tagen vom 3. zum 4. Juli, und die erste Periode der Vegetation verlief hier nicht minder erfreulich, wie in den drei vorhergehenden Nummern. Als aber die Pflanzen Mitte Juli eben im Begriffe waren, ihre Ähren aus der obersten Blattscheide hervorzutreiben, wurden sie von der im vorigen Kapitel näher geschilderten, Wochen lang anhaltenden, ganz abnormen Hitzeperiode betroffen und litten dadurch sichtlich. Die Halme blieben ansehnlich in ihrem Längenwachstume zurück und die Körner erreichten bis zu dem verfrühten Absterben der Pflanze nicht eine mittlere Vollkommenheit; — sie blieben flach, — die Gerste wurde notreif.

In den Nummern 448, 449 und 450 (besäet am 28. Juni) gingen alle Pflanzen an einem Tage und zwar am 2. Juli zugleich auf, wurden aber gleich in den ersten Wochen ihres Lebens von der mehr erwähnten tropischen Hitze des Juli arg bedrängt und geschädigt. In Folge davon wurde die Entwicklung der einzelnen Pflanzen unter sich eine sehr ungleiche. Einige kämpften sich so leidlich durch; andere wurden außerordentlich ärmlich und schwach; ein

paar versuchten es mit der Bildung von Nebentrieben, alle aber blieben ungewöhnlich kurz im Halme. Erst im September traten allmählich die Ähren zu Tage und diese waren größtenteils kurz und schwächlich, obgleich nun die Temperatur auf das normale Maß zurückgegangen war. Die Körnerbildung blieb sehr unvollkommen; einzelne Ähren waren ganz taub, andere zeigten nur einige wenige befruchtete Ährchen. Unterdes waren Wärme- und Lichtintensität soweit herabgesunken, daß sie ein normales Ausreifen nicht mehr zu bewirken vermochten. Mitte November waren erst einzelne Pflanzen gänzlich abgestorben, bei anderen sahen wohl die Körner gelb aus, waren aber noch nicht fest, und die Grannen, sowie einzelne Teile des Halms und der jüngsten Blätter hatten noch eine grüne Farbe. Man erntete schließlicly die Pflanzen, teilweise noch unreif.

In den Nummern 451, 452 und 453 (besäet am 2. August) erfolgte das Aufgehen an den beiden Tagen 5. und 6. August. Als die jungen Pflänzchen ihr Wachstum begannen, war die schädliche Hitzeperiode schon vorüber und in Folge davon verlief die Vegetation hier wieder viel normaler, als in den vorigen drei Nummern. Die Pflanzen standen hier freilich nicht so kräftig, wie die im Frühjahr gesäeten in gleicher Stufe der Entwicklung, aber sie förderten sich, wenn auch langsam, so doch sehr gleichmäfsig und ohne Unterbrechung vorwärts. Irgend welche abnorme Erscheinung in der Vegetation wurde nie bemerkt. Im Monat November wurden die Ähren hervorgetrieben, die Pflanzen blühten und der Körneransatz erfolgte. Die Ausbildung der Samen schritt aber von jetzt ab so langsam vorwärts, daß man die Pflanzen erst im Februar des nächsten Jahres und zwar eigentlich immer noch in nur halbreifem Zustande ernten konnte. Dieselben standen damals ungefähr auf demselben Punkte der Reife, den die Pflanzen der Nummern 448 bis 450 bei ihrer Ernte im November zeigten, d. h. die Körner hatten eine gelbe Farbe, waren aber noch weich und die jüngsten Stengel- und Blatteile sowie besonders die Grannen waren noch grün.

In den Nummern 454, 455 und 456 (besäet am 1. September) endlich gingen die Keimpflänzchen in der Zeit vom 6. bis 9. September auf. Die erste Entwicklung derselben verlief langsam, aber ohne auffallende Abnormität. Bei Beginn des Winters hatten es

die Pflanzen wohl bis zur Halm-, aber noch nicht bis zur Ährenbildung gebracht. Auch in dem Winterquartiere zeigte sich während der kältesten und lichtärmsten Monate keine Neigung zur Ährenbildung, aber das Wachstum der Stengel- und Blattorgane ging, wenn auch natürlich nur sehr langsam, doch stetig und ununterbrochen weiter; einzelne Haupthalme erreichten eine Höhe, welche die aller übrigen in dieser Versuchsreihe übertraf; zahlreiche Nebentriebe wurden angelegt, von denen zwar die Mehrzahl später wieder zu Grunde ging, einzelne aber sich weiter entwickelten. Erst als im Februar Licht- und Wärmeintensität wieder merklich stieg, begannen die Pflanzen endlich auch Ähren zu treiben, aber langsam, sehr langsam — und zwar waren darunter zu unsrer Verwunderung Ähren von seltener Schönheit und Vollkommenheit. Hiermit schien aber erreicht zu sein, was zu erreichen möglich war; die Befruchtung war eine äußerst unvollständige, sämtliche Ähren blieben entweder ganz oder zum größeren Teile taub. Wir ernteten schliesslich die Pflanzen am 1. Mai des Jahres 1866 in demselben Zustande der Halbreife, wie die der sechs vorhergehenden Nummern.

Es wurden also die Pflanzen:

In den Nummern	angesäet am	geerntet am	nach einer Vegetationszeit von Tagen	in einem Reifezustande
442, 443 u. 444.	21. April	17. Juli	88	reif
445, 446 u. 447.	28. Mai	14. August	77	notreif
448, 449 u. 450.	28. Juni	25. November	150	unvollständig reif
451, 452 u. 453.	2. August	20. Februar 1866	200	" "
454, 455 u. 456.	1. September	1. Mai 1866	240	" "

Die speziellen Ernteresultate stellten sich nach Mafs und Gewicht wie folgt:

Laufende Versuchs- nummer	Saatzeit	Anzahl der					Länge der Halme cm
		Pflanzen mit Ähren	Halme ohne Ähren	Ährchen	entwickelten Samen		
442.	am 21. April	8	8	36 33 30 33	26 23 22 21	84 81 80 79	
443.		8	—	30 30 27 24	17 13 11 6	75 72 72 69	
444.		8	—	36 36 36 33	23 27 26 23	85 83 82 79	
		8	—	33 30 30 27	22 20 18 16	79 76 75 73	
		8	—	36 33 33 30	25 25 23 23	85 85 83 81	
		8	—	30 30 27 24	20 19 18 15	80 77 75 73	
		das ist in Summa:					
442.		8	—	243	189		
443.		8	—	261	180		
444.		8	—	243	168		
		und im Durchschnitt der drei Nummern pro Gefäß:					
		8	—	249	162		
		das ist in Summa:					
445.	am 28. Mai	8	8	42 39 36 33	34 26 25 23	82 75 75 69	
446.		8	—	30 27 24 15	26 21 18 6	67 62 57 51	
447.		8	—	39 39 36 36	33 29 20 24	80 79 78 77	
		8	—	30 30 18 18	24 20 12 7	73 72 54 54	
		8	—	36 36 33 30	29 25 18 18	77 76 74 72	
		8	—	30 27 27 21	15 14 11 8	71 69 62 60	
		das ist in Summa:					
445.		8	—	246	179		
446.		8	—	246	169		
447.		8	—	240	188		
		und im Durchschnitt der drei Nummern pro Gefäß:					
		8	—	242	162		

Laufende Versuchs- nummer	Saatzeit	Anzahl der			entwickelten Samen	Länge der Halme cm					
		Pflanzen mit Ähren	Halme ohne Ähren	Ähren							
448.	am 28. Juni	8	8	33 27	30 30 18	20 20 16	16 16 10	69 64 63	63 63 40		
449.		8	10	27 24 24 24	24 24 24 21	14 11 1	5 5 1	— — —	61 51 50	50 48 45	
450.		8	10	30 27 24 24	30 27 24 24	17 16 9	16 16 7	15 4 —	66 62 58	61 54 44	
		das ist in Summa:									
448.		8	8	222	—	117	—	—	—		
449.		8	10	237	—	36	—	—	—		
450.		8	10	255	—	90	—	—	—		
		und im Durchschnitt der drei Nummern pro Gefäß:									
		8	9	238	—	81	—	—	—		
<hr/>											
451.	am 2. August	8	8	86 33	36 30	33 24	21 16	14 14	75 67	74 62	
452.		8	8	89 33	39 33	33 27	18 13	9 9	75 71	74 62	
453.		8	8	89 33	36 30	36 30	24 24	21 15	82 71	77 66	
		das ist in Summa:									
451.		8	8	252	—	159	—	—	—	—	
452.		8	8	270	—	151	—	—	—	—	
453.		8	8	261	—	168	—	—	—	—	
		und im Durchschnitt der drei Nummern pro Gefäß:									
		8	8	261	—	159	—	—	—	—	

Laufende Versuchs- nummer	Saatzeit	Anzahl der				Länge der Halme cm						
		Pflanzen mit Ähren	Halme ohne Ähren	Ährchen	entwickelten Samen							
454.	am 1. September	8	14	51 39 24 ?	48 33 24 ?*)	3 2 — —	7 1 — —	2 — — —	76 64 59 40	75 60 58 37	64	
455.		8	12	54 24 15	33 21 ?	30 18 ?	10 1 —	8 — —	7 — —	73 61 57	70 57 55	70
456.		8	8	45 27	36 21	51 18	33 ?	8 —	3 —	— —	87 60	72 56	66 51
		das ist in Summa:										
454.		8	14	399		17						
455.		8	12	258		30						
456.		8	8	281		11						
		und im Durchschnitt der drei Nummern pro Gefäß:										
		8	11	296		19						

*) Die mit ? bezeichneten Ähren waren in der obersten Blattscheide sitzen geblieben und soweit verkümmert, daß sich die Ährchen nicht zählen ließen.

Die Gewichtsverhältnisse der Ernte wurden wie folgt gefunden:

Laufende Versuchs- Nummer	Saatzeit	Geerntete Trockensubstanz			Sa. der Ernte = 100 gesetzt	Je ein Korn wog trocken im Durchschnitt mg
		Körner mg	Stroh und Spreu mg	in Sa. mg		
442.	21. April	5148	7637	12785	40,3	59,7
443.		6315	7072	13387	47,2	52,8
444.		5690	6861	12551	45,3	54,7
Mittel		5718	7190	12908	44,3	55,7
445.	28. Mai	4459	6221	10680	41,7	58,3
446.		4677	6542	11219	41,7	58,3
447.		3408	6172	9582	35,6	64,4
Mittel		4181	6312	10493	39,8	60,2
448.	28. Juni	2933	3017	5950	49,3	50,7
449.		627	4090	4717	13,3	86,7
450.		1920	4252	6172	31,1	68,9
Mittel		1827	3786	5613	32,6	67,4
451.	2. August	3314	5538	8852	37,4	62,6
452.		2852	5869	8721	32,7	67,3
453.		3535	5608	9143	38,7	61,3
Mittel		3234	5672	8906	36,3	63,7
454.	1. September	407	8215	8622	4,7	95,3
455.		681	7580	8261	8,2	91,8
456.		257	6604	6861	3,7	96,3
Mittel		448	7466	7914	5,7	94,3

Die Ergebnisse dieses Versuches sprechen so deutlich, dafs sie eines besonderen Kommentars nicht weiter bedürfen.

In der Umgegend von Dahme wurde die kleine vierzeilige Gerste (*Hordeum vulgare*) in den kleineren Wirtschaften viel gebaut. Auf unser Befragen erfuhren wir, dafs man als die landesüblichen Saattage dabei möglichst den letzten Mai und 1. Juni festhalte, und wir schlossen uns, als wir diese Gerstenart ihrer kurzen Vegetationszeit und anderen bequemen Eigenschaften wegen zu unserer speziellen Versuchsfrucht wählten, zunächst diesem Gebrauche an.

Nach den Erfahrungen des Jahres 1865 aber gingen wir davon ab, verlegten unsere Saatzeit auf die erste Woche des Mai oder die letzte des April und hatten davon den entschiedensten Vorteil. Die Vegetation unserer Versuchspflanzen war von da an eine durchaus befriedigende und erfreute besonders durch die Regelmäßigkeit ihres ganzen Verlaufs. Die Bestockung erfolgte früh und energisch; Seitenzweige wurden von Haus aus nicht mehr angelegt, als auch ernährt werden konnten, und diese wurden dann kräftig und mit dem Haupthalme gleichzeitig weiter gefördert; ein späteres Nachtreiben von unfruchtbar bleibenden Sprossen kam da, wo nicht durch die gegebenen Versuchsbedingungen absichtlich oder mindestens leicht erklärbar abnorme Verhältnisse geschaffen waren, nicht vor; die Reife trat in allen Organen gleich und vollständig ein und die Pflanzen schlossen ihr Wachstum rund und glatt ab.

Fünftes Kapitel.

Über die Vegetation der Pflanzen in geschlossenen Räumen. — Einwirkung von direktem und diffusem Lichte auf die Pflanzen.

Wenn die Kultur- und Düngungsversuche im freien Felde so oft widersprechende Resultate liefern und sich im allgemeinen zur Lösung einer ganzen Menge agrikulturchemischer Fragen als ungeeignet erweisen, so liegt der Grund darin, daß bei ihnen die meisten und wichtigsten Fruchtbarkeitsfaktoren (Boden, Nährstoffe, Feuchtigkeit etc.) nur vom Zufalle gegeben werden und einer willkürlichen Direktion oder Variation seitens des Experimentators vollständig entzogen sind; daß dieselben ferner in der Regel nicht mit der Gleichmäßigkeit über das ganze Versuchsgebiet verteilt sind, welche wünschenswert ist; und daß endlich sogar ein Teil derselben (wie z. B. die Quantität der im Boden vorhandenen assimilierbaren Nährstoffe) dem Versuchsansteller vollkommen unbekannt ist und bleibt.

Bei der Kultur der Pflanzen in geschlossenen Gefäßen und geschlossenen Räumen ist es leicht, diese Unzulänglichkeiten zu vermeiden. Man hat es in der Hand, ein durchaus gleichmäßiges, oder auch ein ganz indifferentes Bodenmaterial zu wählen, ja, man kann den Boden ganz entbehren (Wasserkultur); man kann die Nährstoffe genau in der Form und in der Menge geben, in welcher man will; und man kann regnen lassen so oft und so viel wie es beliebt. Gegen diese Vorteile aber tauscht man zugleich einige Nachteile mit ein, deren Tragweite nicht gering zu veranschlagen ist.

Mag man als Lokalität zur Aufstellung der Versuchsobjekte ein geräumiges, helles Zimmer, oder einen Speicher, oder ein sogenanntes Vegetationshaus (Glashaus) wählen, und mag man so gut man will und kann für Ventilation sorgen, stets wird die Luftbewegung eine minder vollkommene sein, als im Freien.

Ein anderer Übelstand wird dadurch hervorgerufen, daß das Glas für Wärme- und Lichtstrahlen nicht absolut durchdringbar ist. Von dem Lichte, welches auf eine Glasfläche fällt, wird stets ein gewisser Bruchteil reflektiert, ein anderer absorbiert und in Folge dessen erfährt das Licht beim Eintritte in den geschlossenen Raum, selbst wenn man das beste Glasmaterial gewählt hat, eine Abschwächung. Andererseits wird innerhalb des Raumes ein weiterer Teil des eingedrungenen Lichtes von den dunklen Gegenständen (Pflanzen, Boden, Gefäßen etc.) absorbiert und in Wärme umgewandelt, die nicht in dem gleichen Tempo, wie sie erzeugt wird, wieder ausstrahlt, und dadurch entsteht in dem geschlossenen Raume dem Freien gegenüber ein Mißverhältnis zwischen Wärme und Licht, das sich immer ungünstig auf das Leben der Gewächse äußert. Pflanzen, die ihre ganze Lebenszeit im geschlossenen Raume zubringen müssen, werden immer in einem gewissen Sinne Treibhauspflanzen und zeigen das Unvorteilhafte ihrer Aufstellung dadurch, daß sie länger und dünner im Strohe sind, als die im Freien gewachsenen, daß die Samen sich weniger vollkommen ausbilden, daß das Ausreifen der einzelnen Teile minder gleichmäßig erfolgt, die Vegetationszeit verlängert ist und alle Entwicklungsphasen weniger glatt und scharf abschließen.

Der dritte und nicht geringste Nachteil endlich ist der, daß es nach unserem Ermessen nicht möglich ist, im Innern eines geschlossenen Raumes an allen Stellen eine gleiche Lichtintensität zu erhalten. Wenn man auch sämtliche Wand- und Dachflächen eines Vegetationshauses verglast, so sind dabei doch immer Säulen, Sparren, Rähme etc. aus Eisen oder einem sonstigen undurchsichtigen Material notwendig, welche einzelne Pflanzen beschatten, während andere volles Licht erhalten; — und so oft mehrere Flächen des Hauses gleichzeitig von der Sonne beleuchtet sind, werden sie von den parallel einfallenden Strahlen immer in ungleichen Winkeln getroffen, was eine qualitative und quantitative Ungleichheit des an den verschiedenen Stellen durchgehenden Lichtes notwendig zur Folge haben muß.

Diese Nachteile treten in Zimmern natürlich weit greller hervor, als in Vegetationshäusern, und von den letzteren wieder in solchen, die nur einzelne gläserne Wand- und Dachflächen haben wieder stärker, als in denen, die ganz aus Glas und Eisen konstruiert sind;

ganz aber sind sie, wenigstens soweit unsere eigenen Beobachtungen reichen, nicht zu vermeiden.

Wir hatten genügende Gelegenheit, Erfahrungen über diesen Punkt zu sammeln.

Wir haben schon in der Einleitung erwähnt, daß, als die Versuchsstation im Jahre 1857 unter den ärmlichsten Verhältnissen gegründet wurde, dieselbe weder einen Garten, noch ein Glashaus, ja nicht einmal ein Fenster, das die Wohlthat des direkten Sonnenlichtes länger als ein paar Stunden im Tage genießen konnte, zur Verfügung hatte; daß aber das folgende Jahr 1859 uns dann die zufällige glückliche Gelegenheit brachte, von einem Dahmenser Gärtner ein altes Gewächshaus zum Abbruche billig kaufen und dasselbe in freier, schöner Lage in unserem Garten aufstellen zu können.

Das Häuschen war allerdings nicht eben elegant und auch recht klein (eine massive Wand nach Norden; zwei dergleichen Giebel nach West und Ost; die niedrige Südfront und das nach Süden geneigte Dach aus je drei Fenstern mit kräftigen Holzrahmen konstruiert, die mit kleinen Scheiben verglast waren), aber es erlaubte doch bei sorgfältigster Benutzung des Raumes auf einem treppenförmigen Untersatze, der die gleiche Steigung wie die Dachfenster hatte, etwa 70 Kulturgefäße so aufzustellen, daß sie einigermassen gleiches Licht erhielten.

Von $\frac{1}{2}$ 8 Uhr morgens bis 5 Uhr nachmittags wurden die Pflanzen von der Sonne direkt getroffen und die beweglichen Fenster der Vorderfront, zwei Thüren in den Giebeln und eine große Luke in der Nordfront schienen eine genügende Ventilation zu gewährleisten.

Unter diesen verschiedenen Verhältnissen wurde bis zum Jahre 1862 thätig mit Pflanzen experimentiert, aber mit wechselndem Glücke. Einzelne Versuchsreihen fielen so aus, daß wir glaubten, sie entschieden als gelungen ansprechen zu dürfen, und daß wir keinen Anstand nahmen, sie zu veröffentlichen*). In anderen dagegen verlief die Vegetation unverkennbar schlecht, oder selbst abnorm. Bei der Wiederholung einzelner Versuchsreihen in verschiedenen Jahren kamen öfter ganz ungleiche, sogar entgegengesetzte Resultate zu Tage; kurz, wir mußten uns überzeugen, daß wir unsere Vegetations-

*) Annalen der Landwirtschaft in den Königl. Preufs. Staaten Bd. 38, S. 296, und Bd. 42, S. 53, 119, 268, 297.

verhältnisse noch nicht beherrschten, und daß unser ganzes Schaffen noch unter dem Scepter des Zufalls stand.

In der ersten Zeit konnten wir noch den Grund für diese Übelstände in unseren verkehrten Nährstoffmischungen oder in den schlecht gewählten Graden der Bodenfeuchtigkeit finden, allmählich aber lernten wir diese Fruchtbarkeitsfaktoren immer besser bewältigen, und es blieb nichts anderes übrig, als die Ursache für die Mißstände, mit denen wir zu kämpfen hatten, in den ungünstigen Verhältnissen von Wärme und Licht in unserem Hause zu suchen.

Eine erhöhte Aufmerksamkeit auf diesen Punkt, verbunden mit fortlaufenden Thermometerbeobachtungen in und außer dem Hause, erhob diese Annahme bald zur Gewißheit und zeigte, daß unsere Pflanzen im Hause viel zu viel Wärme, und im Gegensatze zu wenig und dabei noch ungleich Licht erhielten, kurz, daß unsere Vegetation im geschlossenen Raume von den genannten kosmischen Agentien mit all ihren Zufälligkeiten viel stärker und viel ungünstiger beeinflusst wurde, als die im freien Felde stehenden Gewächse.

Diese Erkenntnis machte es notwendig für unsere Versuchsmethode, eine Einrichtung zu finden, welche es ermöglichte, die Vorteile der Vegetation im Freien mit dem derselben notwendigen Schutze durch einen geschlossenen Raum zu verbinden und führte schließlich zu einer einfachen Konstruktion, die seitdem auch mehrfach an anderen Orten eingeführt worden ist.

Nachdem nämlich verschiedene Ideen über bewegliche Dächer und Wände als unpraktisch verworfen worden waren, wurde einfach die westliche Giebelwand des kleinen Gewächshauses durchbrochen und zu einer Thorfahrt umgestaltet, welche nahezu die ganze Breite des Giebels einnahm. Dann wurde ein Gleis von Eisenbahnschienen in das Haus gelegt, welches sich durch die Thorfahrt hindurch ein entsprechendes Stück in den Garten hinein fortsetzte, auf dieses eine Art Rollwagen gestellt und auf diesem die Vegetationsgefäße plazierte.

Diese einfache Vorrichtung ermöglichte es, unsere sämtlichen Versuchspflanzen mit einem Male leicht und bequem ins Freie hinaus oder nach belieben ins Haus zurück zu schieben, und wie urweltlich auch das von einem Zimmermann und einem Schmied aus einigen rohen Balken und kleinen eisernen Rollen zurecht gebaute Gefährt aussah, so erfüllte es doch vollständig seinen Zweck.

Wir benutzten jetzt jeden guten Augenblick, den das Wetter bot,

um unsere Pflanzen so viel als möglich im Freien leben zu lassen; nur bei Regen oder heftigem Sturme wurden sie unter Dach gebracht; selbst nachts blieben sie so oft im Freien, als beständiges Wetter mit einiger Sicherheit zu erhoffen war.

Und von diesem Augenblicke an hatten wir eine normale Vegetation. Unsere Pflanzen blieben jetzt vielleicht etwas kürzer, als die durchschnittlichen Feldpflanzen, aber sie brachten starke, kräftige, stramme Halme und breite Blätter. Die Fruchtbildung wurde eine vorzügliche und das Verhältnis der Körner zum Stroh, sowie das Durchschnittsgewicht der einzelnen Samen in der Regel ein besseres, als im freien Felde. Alle Phasen der Vegetation verliefen besser und glatter, und die Resultate gewannen mit einem Male ganz ungemein an Sicherheit. Wenn ein und dieselbe Versuchsreihe in verschiedenen Jahren wiederholt wurde, so fiel der Erfolg, wenn auch nach Zahl und Gewicht nicht absolut gleich, doch mindestens in gleichem Sinne aus.

Die Einrichtung mit dem Transportwagen hatten wir im Winter 1862 zu 1863 getroffen und können demgemäfs erst vom Jahre 1863 an unseren Kulturversuchen Gültigkeit zusprechen. Alle Arbeiten aus den vorhergehenden fünf Jahren betrachten wir als verfehlt und übergeben sie schmerzlos der Vergessenheit. Wenn wir aus diesen Jahren hier von dem oder jenem Experimente gelegentlich mit Erwähnung thaten, so bezogen sich diese Mitteilungen immer nur auf Versuche im freien Felde.

Man glaube nicht, dafs wir den Wert der Erziehung der Versuchspflanzen im Freien überschätzen. Die Empfindlichkeit der Gewächse gegen die Einflüsse des Lichtes und der Wärme ist eine ungemein grofse.

Wir hatten im Jahre 1863 sechs Glasgefäfsse mit Gartenboden gefüllt (je 5130 g Boden trocken gerechnet) und jedes derselben mit zehn Gerstensamen (mittleres spezifisches Gewicht 1,195, Durchschnitt des absoluten Gewichtes 45 mg lufttrocken) besät.

Als die jungen Keimpflanzen vollständig aus der Erde hervorgekommen waren, wurde die Hälfte derselben weggeschnitten, so dafs nur die fünf bestentwickelten in jedem Kulturgefäfsse stehen blieben.

Gleichzeitig erhielten die sechs Gefäfsse folgende verschiedene Aufstellung:

Zwei Nummern, 457 und 458, wurden auf dem Transportwagen plaziert und damit dazu bestimmt, den größten Teil ihres Wachstums im Freien zu vollenden.

Zwei andere Nummern, 459 und 460, wurden in das Gewächshaus gebracht und nahe der südlichen Fensterfront aufgestellt; sie erhielten demnach so viel direktes Sonnenlicht, als die Lage und Einrichtung des Hauses nur immer erlaubten.

Die beiden letzten Nummern, 461 und 462, endlich fanden ihren Platz ebenfalls im Innern des Gewächshauses, aber in der rückwärts gelegenen nordwestlichen Ecke desselben, d. h. an einer Stelle, welche nie von der Sonne direkt beleuchtet wurde; sie erhielten also während ihres ganzen Lebenslaufes nur diffuses Licht.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde bei der Bestellung in sämtlichen Gefäßen auf 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens gebracht und während der ganzen Vegetationszeit auf dieser Höhe erhalten, so daß alle Kulturbedingungen mit Ausnahme von Wärme und Licht für die sechs Versuchsnummern vollkommen gleich waren.

Die Ansaat der vorher in destilliertem Wasser leicht angekeimten Samen war am 19. Juni erfolgt.

Schon in den ersten Wochen nach dem Aufgehen wurde der Einfluß der verschiedenen Beleuchtung bemerkbar.

Die Pflänzchen der auf dem Transportwagen plazierten Nummern 457 und 458 blieben verhältnismäßig kurz, aber standen stark, steif und kräftig; die der im Hause aufgestellten Nummern 459 bis 462 dagegen schossen schlank aber schlaff in die Höhe; ihre Farbe war zunächst eine gute, ihr Aussehen aber weichlich, aufgeschwemmt, und frühzeitig zeigten sie Neigung zum Lagern.

Eine am 12. Juli vorgenommene Längenmessung ergab als durchschnittliche Höhe der Pflanzen

in den Nummern	457 und	458	24—25	cm
" "	"	459 "	460	33 "
" "	"	461 "	462	ebenfalls 33 "

Bei den beiden ersten auf dem Transportwagen plazierten Nummern verlief die Vegetation bis zu Ende normal und schön. Die Haupthalme brachten ihre Ähre in den vier Tagen vom 22. zum 26. Juli gleichmäßig zu Tage; die Ausbildung der Körner war eine vorzügliche; Krankheitserscheinungen traten nicht auf, — eine ein-

zige Pflanze der Nummer 458 zeigte zur Zeit der Ährenbildung einige Rostflecken, die sich aber nicht weiter verbreiteten.

Die beiden im Hause unter möglichst günstiger Beleuchtung aufgestellten Nummern 459 und 460 dagegen zeigten die unerwünschten Eigenschaften der Treibhauspflanzen von Tage zu Tage mehr. Unfähig, sich nach dem Schossen aus eigener Kraft aufrecht zu erhalten, mußten sie gestützt werden. Die Ähren der Haupthalme erschienen zwar ziemlich zu gleicher Zeit wie die der vorigen Nummern, aber unregelmäßiger in den Tagen vom 22. Juli bis 1. August, und die Fruchtbildung blieb eine höchst unbefriedigende. In der zweiten Juliwoche wurden die Laubteile vom Rost befallen, der sich allmählich fast über die ganzen Pflanzen ausbreitete und ihr Wachstum erheblich benachteiligte.

Noch viel stärker hatten von all diesen Nachteilen die Pflanzen der beiden letzten Nummern 461 und 462, die nur auf den Genuß diffusen Lichtes angewiesen waren, zu leiden. Diese lagerten sich schon vor dem Schossen vollständig; der Rostpilz überzog sie bald in dicken Räsen und fraß sie, so zu sagen, gänzlich auf. Eine Pflanze nach der andern ging langsam ein ohne bis zur Fruchtbildung gelangt zu sein, ja die meisten, ohne überhaupt eine Ähre getrieben zu haben.

Es wurden schließlicb geerntet von:

Laufende Versuchs- Nummer	Ähren	unfrucht- bare Triebe	Körner	Trockensubstanz			
				in den Körnern mg	in Stroh u. Spreu mg	in Sa. mg	
457.	auf dem Wagen im Freien	17	10	285	10 102	11 436	21 538
458.		12	8	312	11 188	10 991	22 179
Mittel		15	9	299	10 645	11 214	21 859
459.	im Hause direktes Licht	11	4	123	2 861	6 716	9 577
460.		11	3	143	3 265	6 323	9 588
Mittel		11	4	133	3 063	6 520	9 583
461.	im Hause diffuses Licht	0	16	0	—	3 396	3 396
462.		0	20	0	—	2 594	2 594
Mittel		0	18	0	—	2 995	2 995

und demnach stellte sich

Laufende Versuchs- Nummer		das relative Verhältnis Sa. der Ernte = 100 gesetzt		Je ein Korn wog lufttrocken im Durchschnitt
		Körner	: Stroh und Spreu	mg
457.	} auf dem Wagen	46,9	53,1	35
458.		50,4	49,6	36
Mittel	} im Freien	48,7	51,3	36
459.	} im Hause direktes	29,9	70,1	23
460.		34,1	65,9	23
Mittel	} Licht	32,0	68,0	23
461.	} im Hause diffuses	—	100,0	—
462.		—	100,0	—
Mittel	} Licht	—	100,0	—

Dafs hier die Unterschiede zwischen den zum grössten Teile im Freien und den ganz im geschlossenen Raume gezogenen Pflanzen so grell auftraten, mag zum Teil in der geschilderten Unvollkommenheit unseres alten kleinen Gewächshauses seinen Grund haben, aber gewifs nur zum Teil.

Im Winter 1864 zu 1865 wurde es uns durch die Munificenz des Königl. Ministeriums für die landwirtschaftlichen Angelegenheiten zu Berlin ermöglicht, verbesserte Einrichtungen zu treffen. Ein neues, nach allen Richtungen zweckmäfsig konstruiertes Vegetationshaus wurde gebaut; dasselbe war hoch und geräumig; die beiden Längsfronten und das darüber liegende Satteldach waren ganz aus Eisen und Glas konstruiert (dünne Eisenrippen und grofse Tafeln von im Dache doppeltem, in den Seitenwänden $1\frac{1}{2}$ fachem weifsen Glase). Der südliche Giebel bestand eigentlich nur aus zwei Steinpfeilern, welche als Stützpunkt für ein zum Durchlassen des auf Schienen laufenden, nach Art einer Eisenbahnlowrie konstruierten und mit den Vegetationsgefäfsen besetzten Transportwagens bestimmtes Thor dienten. Nach Norden hin war diese Glaskonstruktion durch einen kurzen massiven Anbau mit Pappdach verlängert, welcher zur Aufnahme der Wagen, des zum Begiefsen nötigen destillierten Wassers etc. bestimmt war. Da dieser Raum nur klein, von dem Glas-

hausa nicht durch eine Wand getrennt und außerdem mit einer Thür und einem Fenster versehen war, so herrschte in demselben eine Helligkeit, wie sie in einem irgendwie gelegenen Zimmer nie gefunden wird.

In dieser letzteren Abteilung des Hauses wurden im Jahre 1865 sechs mit Gerste besäete Vegetationsgefäße so aufgestellt, daß sie zwar den vollen Genuß des darin gebotenen reichlichen diffusen Lichtes hatten, von den direkten Sonnenstrahlen aber nur eine ganz kurze Zeit gegen Abend vorübergehend getroffen wurden.

Sechs andere gleich bestellte Nummern, die auf dem Transportwagen plaziert wurden und mit Hilfe desselben die größte Zeit ihres Lebens hindurch bei direkter Besonnung im Freien vegetierten, sollten ihnen zum Vergleiche dienen.

Die gegebenen Versuchsbedingungen waren für alle zwölf Nummern gleichmäÙig:

Acht Gerstpflanzen pro Kulturgefäß;

Spezifisches Gewicht der Samen zwischen 1,19 und 1,22;

Absolutes Gewicht derselben zwischen 30 und 36 mg lufttrocken;

Bodentemperatur: 4 kg Quarzsand;

Bodenfeuchtigkeit: während der ganzen Vegetationszeit schwankend zwischen 60 und 40 Proz. der wasserfassenden Kraft;

Nährstoffzusatz pro Kulturgefäß:

10 mg-Äquiv. =	1361 mg	saures phosphorsaures Kali	(K_2O , $2\text{H}_2\text{O}$, P_2O_5)
5 „ =	292 „	Kochsalz	(NaCl)
5 „ =	300 „	schwefelsaure Magnesia . .	(MgO , SO_3)
15 „ =	1230 „	salpetersaurer Kalk . . .	(CaO , N_2O_5)

Saatzeit: den 29. Mai 1865.

Das Jahr 1865 war, wie wir schon früher einmal erwähnten, durch seine ganz abnorm hohe Sommerwärme für den Pflanzenwuchs im allgemeinen und für das Versuchswesen ganz im speziellen ein äußerst ungünstiges. Die ungewöhnlich starke und anhaltende Hitzeperiode im Juli, die wir im dritten Kapitel dieses Abschnittes*) näher

*) Siehe S. 336 f.

schilderten, schädigte auch unsere im Freien vegetierenden Versuche stark. Die Pflanzen wurden notreif, ihre Fruchtbildung sowie ihre Gesamtproduktion liefs viel zu wünschen übrig; trotzdem aber war ihre ganze Entwicklung immer eine sehr viel bessere und konnte entschieden viel mehr befriedigen, als die der sechs im Hause aufgestellten Nummern.

Zunächst war an den letzteren die zu geringe Stärke und Kraft des Laubwerks zu tadeln; Stengel und Blätter waren dünn, schlaff und weichlich, so dafs man bald zu einer künstlichen Stütze greifen mußte, wenn man die Halme nicht gänzlich umfallen lassen wollte. Auch die Fruchtbildung war, obgleich die Pflanzen gegen den verderblichen Sonnenbrand geschützt und mit diffusum Lichte so reichlich als nur möglich versehen waren, nicht nur nicht besser, als bei den vorherrschend im Freien lebenden Exemplaren, sondern ganz bedeutend schlechter. Bei weitem die Mehrzahl der Ährchen blieb gänzlich taub. Besonders auffällig war auch der schlechte Abschluß der einzelnen Vegetationsphasen und die Unregelmäßigkeit in der gesamten Entwicklung. So wurden z. B. die Pflanzen überhaupt gar nicht ordentlich reif und trieben ohne Aufhören, selbst noch nachdem die zuerst gebildeten Halme und Ähren schon vollständig abgestorben und vertrocknet waren, junge Seitensprossen, die unfruchtbar blieben und zuletzt, um nur der Sache ein Ende zu machen, noch ganz grün und saftig mit geerntet wurden.

Der Ertrag war nach Mafß und Gewicht:

Laufende Versuchs- nummer	Licht- Verhältnisse	Anzahl der			Ährchen	Samen	Länge der Halme cm
		Pflanzen	Halme mit Ähren	Halme ohne Ähren			
463.		8	8	—	45 39 36 30 30 27 24 24	39 30 32 24 23 19 18 8	93 89 88 79 72 70 69 69
464.		8	8	—	45 36 36 33 30 30 27 27	39 30 30 26 22 17 20 15	90 81 75 73 71 70 70 70
465.		8	8	—	36 36 36 33 30 30 27 27	30 33 32 25 16 22 9 6	85 85 83 78 73 72 69 66
466.		8	8	—	39 39 39 36 30 30 30 24	35 18 29 30 23 21 11 18	82 77 76 71 71 64 63 59
467.	direktes Sonnenlicht	8	8	—	39 39 36 33 30 30 27 27	33 27 23 27 17 21 18 11	78 78 75 73 65 64 61 60
468.	im Freien	8	8	—	39 36 33 30 27 27 12 —*)	34 30 27 8 25 19 9 —	90 75 75 72 70 63 54 54
das ist in Summa:		8	8	—	255 264 255 267 261 204*)	193 199 173 185 177 152*)	
und im Durchschnitt der sechs Nummern pro Gefäß:		8	8	—	251	180	

469.	8	12	15	33	30	30	30	16	11	5	3	57	56	49	47	
				27	27	27	27	3	—	—	—	44	42	41	41	
				24	21	18	15	—	—	—	—	41	36	35	32	
470.	8	15	10	27	27	24	24	13	9	8	6	64	52	51	50	
				24	24	21	21	4	3	2	1	49	46	45	44	
				21	18	18	18	1	—	—	—	43	38	37	37	
				15	15	12	—	—	—	—	—	35	31	31	—	
471.	8	18	4	27	27	27	24 ^{*)}	16	7	5	—	62	60	59	55	
				24	21	21	21	5	5	4	3	54	52	50	49	
				21	21	21	21	2	2	—	—	46	46	44	43	
				18	18	18	18	—	—	—	—	42	41	39	38	
				15	15	—	—	—	—	—	—	41	34	—	—	
472.	8	16	2	36	30	30	27	15	12	12	7	72	70	67	60	
				24	24	24	24	7	6	4	—	59	52	50	49	
				21	21	21	21	—	—	—	—	47	44	44	43	
				21	21	21	21	—	—	—	—	40	37	31	25	
473.	8	8	43	27	27	27	27	6	6	2	1	58	50	44	41	
				27	27	21	21	—	—	—	—	38	37	34	23	
474.	8	8	7	21	21	21	21	9	9	6	1	59	55	47	47	
				18	18	18	18	—	—	—	—	41	40	39	18	
				das ist im Summa:												
469.	8	12	15	309	309	309	309	38	38	38	38	38	38	38	38	
470.	8	15	10	309	309	309	309	47	47	47	47	47	47	47	47	
471.	8	18	4	378	378	378	378	63	63	63	63	63	63	63	63	
472.	8	16	2	387	387	387	387	15	15	15	15	15	15	15	15	
473.	8	8	43	204	204	204	204	7	7	7	7	7	7	7	7	
474.	8	8	7	162	162	162	162	14	14	14	14	14	14	14	14	
				und im Durchschnitt der sechs Nummern pro Gefäß:												
469.	8	13	14	292	292	292	292	40	40	40	40	40	40	40	40	

*) Die Ähren waren vom Brandpilze zerstört.

Die Gewichtsverhältnisse der Ernte waren folgende:

Laufende Versuchs- nummer	Licht- verhältnisse	Geerntete Trockensubstanz		
		in den Körnern	in Stroh u. Spreu	in Summa
		mg	mg	mg
463.	direktes Sonnenlicht im Freien	4655	6915	11 570
464.		4390	6252	10 642
465.		4245	6525	10 770
466.		4543	6379	10 922
467.		4513	6300	10 813
468.		3343	5285	8 628
im Mittel		4282	6276	10 558
469.	nur diffuses Licht im Hause	852	3642	4 494
470.		1032	4437	5 469
471.		1217	4957	6 174
472.		1319	5430	6 749
473.		441	3610	4 051
474.		378	3122	3 500
im Mittel		873	4200	5 073

Laufende Versuchs- nummer	Licht- verhältnisse	Relatives Verhältnis, Sa. der Ernte = 100 gesetzt		Je ein Korn wog lufttrocken im Durchschnitt mg
		Körner : Stroh und Spreu		
463.	direktes Sonnenlicht im Freien.	40,2	59,8	24
464.		41,3	58,7	22
465.		39,4	60,6	25
466.		41,6	58,4	25
467.		41,7	58,3	25
468.		38,7	61,3	22
im Mittel		40,6	59,4	24
469.	nur diffuses Licht im Hause	19,0	81,0	22
470.		18,9	81,1	22
471.		19,7	80,3	25
472.		19,5	80,5	21
473.		10,9	89,1	29
474.		10,8	89,2	15
im Mittel		17,2	82,8	22

Diese Beobachtungen, die wir leicht noch um eine ziemliche Anzahl weiterer vermehren könnten, werden genügen, zu zeigen, daß man wohl berechtigt ist, bei jedem Pflanzenkulturversuche, der ganz

in geschlossenem Raume ausgeführt wurde, zuerst und vor allem den Nachweis zu verlangen, daß die Resultate unter den gegebenen Bedingungen bestimmt nicht durch ungünstige Licht- und Wärmeverhältnisse geschädigt oder beeinflusst sind.

Läßt man die Vegetation der Versuchspflanzen sich in der Hauptsache im Freien vollziehen und benutzt das Vegetationshaus nur als Schutzhaus gegen ungünstige Witterung, so ist man dieses Nachweises zum größten Teile oder ganz überhoben.

Die von uns getroffene Einrichtung mit dem Transportwagen ermöglicht ein solches Vorgehen leicht und bequem. Einen begründeten Einwand gegen dieselbe kennen wir nicht.

Die in Vegetationsgefäßen stehenden Pflanzen vertragen das direkte Sonnenlicht im allgemeinen sehr gut, ja bedürfen desselben offenbar. In den ganz abnormen Ausnahmefällen, wie ein solcher im Juli 1865 vorlag, schützen die geschlossenen Räume auch nicht, sondern erhöhen die ungünstigen Einflüsse zu großer Hitze. (Eher dürfte hier vielleicht Hilfe in einer offenen Schattenhalle, oder in einer leichten Beschattung der Pflanzen mittelst Leinwand oder dergleichen zu suchen sein.)

Die Arbeit, die das öftere Ein- und Ausbringen des Wagens macht, ist nicht erwähnenswert, und wenn man eine größere Anzahl von Versuchen gleichzeitig im Gange hat, so erfordern das Wägen, Begießen, Beobachten und Pflegen derselben an sich schon eine solche anhaltende Aufmerksamkeit und ununterbrochene Gegenwart des Experimentators, daß eine besondere Wetterwache des Wagens halber nicht nötig wird.

Sechstes Kapitel.

Entwicklung der Pflanzen in farbigem Lichte.

Der durchaus praktischen Tendenz unserer Versuche lag eigentlich die Frage nach dem Einflusse farbigen Lichtes auf das Pflanzenwachstum fern. Es ist aber eine bekannte Thatsache, dafs das weisse Sonnenlicht, nachdem es unsere Atmosphäre passiert hat, nicht immer qualitativ ganz gleiche Zusammensetzung zeigt, und zweifellos erfährt dasselbe auch während des Durchgangs durch die nicht absolut farblose Glasbekleidung des Vegetationshauses gewisse qualitative Veränderungen. Bleiben nun auch voraussichtlich diese Unterschiede stets innerhalb enger Grenzen, so war es uns doch wünschenswert, durch den direkten Versuch bestätigt zu sehen, ob die Empfindlichkeit der Pflanzen gegen qualitativ verschiedenes Licht eine sehr grofse sei oder nicht, und ob wir darnach berechtigt seien, diese ganze Frage als für unsere speziellen Bestrebungen bedeutungslos ganz aufser Augen zu lassen.

Es war in diesem Sinne nicht nötig, mit einem ganz homogenen farbigen Lichte zu experimentieren, sondern genügte offenbar, wenn wir eine Beleuchtung wählten, in der Strahlen von einer bestimmten Wellenlänge quantitativ vorwalteten, während andere mehr oder weniger ausgeschlossen wurden; dagegen war es erwünscht, diese Beleuchtung nicht nur einige Stunden oder Tage wirken zu lassen, sondern einige Pflanzen eine volle Vegetationsperiode, oder noch besser das ganze Leben hindurch unter dem Einflusse qualitativ verschiedenen Lichtes wachsen zu lassen und beobachten zu können.

Wir benutzten zu diesem Zwecke sehr grofse und geräumige Glocken von farbigem Glase (112 bis 120 cm hoch und 23 bis 24 cm im Durchmesser), die durch eine besondere Vorrichtung Tag und Nacht ununterbrochen vorzüglich ventiliert und neben den übrigen

Versuchsgefäßen auf dem Transportwagen aufgestellt, mithin auch so viel irgend möglich von den direkten Sonnenstrahlen durchleuchtet wurden.

Über die Ventilation, welche durch brennende Petroleumlampen bewirkt wurde, behalten wir uns vor, im ersten Kapitel des IV. Abschnittes ausführlicher zu berichten und begnügen uns hier damit, als Beweis der guten Wirkung derselben anzuführen, daß sich an der Innenseite der Glocken niemals die geringste Spur eines Niederschlages von Feuchtigkeit bemerkbar machte und zwar auch in den Tagesstunden nicht, in welchen die darunter befindlichen Pflanzen am raschesten und lebhaftesten Wasser verdunsteten.

Unter so ventilierten Glocken vermochten die Pflanzen, wenn man farbloses Glas anwandte, und ihnen vorteilhafte Nährstoffverhältnisse und eine zweckmäßige Feuchtigkeit im Boden zur Verfügung stellte, wie uns direkte Versuche lehrten, ihr ganzes Leben ungestört zu verbringen, zeigten keinerlei abnorme Wachstumserscheinungen und lieferten einen befriedigenden Ertrag.

Zur Erörterung der uns beschäftigenden Frage wurden nun zwei Glocken aufgestellt, die eine aus blauem, die andere aus gelbem Glase, — beide Farben von einer mitteltiefen, eher hellen, als dunkeln Nuance.

Das blaue mit Kobalt gefärbte Glas liefs, wie die Prüfung des Spektrums ergab, aufser den blauen und violetten Strahlen auch noch das Rot und Grün scheinbar ganz ungehindert durchgehen, und löschte nur das Orange nahezu ganz und das Gelb in bedeutendem Grade (der Schätzung nach vielleicht zur Hälfte) aus.

Das gelbe, mit Kohlenstoff gefärbte Glas dagegen wurde von allen Strahlen von geringerer Brechbarkeit, rot, orange, gelb, grün, anscheinend ohne Schwächung derselben durchsetzt und nahm nur vielleicht die Hälfte des Blau und den größeren Teil des Violett fort.

Die absolute Helligkeit war anscheinend unter der gelben Glocke größer als unter der blauen.

Wir hatten anfangs die Absicht, unter diesen Glocken je eine Pflanze von der Saat bis zur Ernte zu kultivieren, und zu diesem Behufe eine Anzahl kleiner Glaskulturgefäße von der Form, wie wir sie im zweiten Kapitel dieses Abschnittes beschrieben, unmittelbar nach Aufstellung der Glocken im Mai, also zu ganz geeigneter Jahreszeit,

mit Gartenboden gefüllt (1650 g Boden, trocken gerechnet) und mit Gerstkörnern von gleichem spezifischen und absoluten Gewichte besät.

Einige unvorhergesehene Störungen in unserer Ventilationsvorrichtung aber verhinderten den sofortigen Beginn des Experimentes und verzögerten denselben bis zur dritten Juniwoche. Wir mußten uns sagen, daß, wenn wir jetzt noch eine neue Ansaat vornehmen wollten, die Fruchtbildung unserer Versuchsobjekte in eine Jahreszeit fallen würde, in der die herabgeminderte Wärme- und Lichtintensität nach älteren Erfahrungen zu einem normalen Ausreifen der Pflanzen nicht mehr genügen würde, — und beschlossen deshalb, unsern Versuch in zwei getrennte Teile zu zerlegen derart, daß wir zunächst erst mit Hilfe des uns zur Verfügung stehenden älteren Pflanzenmaterials, das wir vom Mai ab unter gewöhnlichen Lichtverhältnissen weiter gepflegt hatten, den Verlauf der Fruchtbildung im farbigen Lichte beobachteten, — und dann erst an einer neuen Ansaat unter den Glocken die in Bezug auf Wärme und Licht minder anspruchsvolle Krautbildung so lange und so weit studierten, als es der Himmel gnädig erlauben wollte.

Wir suchten demnach von unserer Maipflanzung diejenigen zwei Gefäße aus, deren Gersten am gleichmäßigsten entwickelt waren, und brachten davon am 21. Juni die eine, Nro. 475, unter die gelbe und die andere, Nro. 476, unter die blaue Glocke.

(Die Bodenfeuchtigkeit hatte man bis dahin zwischen 60 und 20 Proz. der wasserfassenden Kraft schwanken lassen und erhielt sie auch fernerhin bis zum Schlusse des Experimentes auf gleicher Höhe.)

Als die Pflanzen in das farbige Licht gebracht wurden, standen sie mitten in der Periode des Schossens, noch war von den Grammen der Ähre nichts zu sehen, ihr Durchbruch aber war jeden Tag zu erwarten. Jede der beiden Pflanzen hatte damals neben ihrem Haupthalme noch drei mehr oder weniger entwickelte Nebenthalme und einen unentwickelten noch ganz jungen Seitensproß.

Das weitere Wachstum der beiden Pflanzen verlief nun im farbigen Lichte sehr gleichmäßig und scheinbar ganz normal, wenigstens ohne irgend dem bloßen Auge etwas Auffälliges, oder von der Entwicklung der ebenfalls am 21. Juni unter farblosen Glocken zum

Vergleiche aufgestellten Gerstpflanzen Abweichendes bemerken zu lassen.

Am 23. Juni erschienen die Grannenspitzen an den Haupthalmen beider Pflanzen ganz gleichzeitig, schoben sich schlank und frei aus den Blattscheiden heraus, blühten regelmäfsig, setzten gute und vollkommene Samen an und reiften schliesflich ganz normal aus.

Pflanze Nro. 475 brachte in Summa drei und Pflanze Nro. 476 in Summa vier Ähren; bei ersterer gelangten also allerdings zwei, bei letzterer ein Seitensprofs nicht zur Ährenbildung; dies ist aber eine Erscheinung, die auch bei unter normalen Verhältnissen wachsenden Pflanzen gewöhnlich ist, und sicher nichts mit einem speziellen Einflusse des farbigen Lichtes zu thun hat.

Am 27. Juli wurde geerntet. Die Pflanze Nro. 476 war zu dieser Zeit in allen ihren Teilen normal ausgereift und abgestorben. Von der Pflanze Nro. 475 war nur noch der dritte Halm nebst Ähre teilweise grün, die Körner der letzteren aber konnten als nahezu vollständig ausgewachsen betrachtet werden.

Die speziellere Prüfung der Produktion ergab:

An Pflanze Nro. 475, in gelbem Lichte gehalten:

	Halme				Ährenlänge		
	Länge ohne Ähre	Durchmesser			ohne Grannen	mit Grannen	
		unten	in d. Mitte	oben			
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Hauptalm	795	3,2	4,5	1,5	62	190	
1. Nebenhalm	685	3,0	4,0	1,2	45	170	
2. „	590	2,5	3,0	1,0	40	155	
Unfruchtbare seitensprossen {	1.	100	1,2	1,7	1,5	—	—
	2.	20	0,7	1,0	1,0	—	—
	3.	20	0,5	1,2	1,0	—	—
		Zahl der Blätter			Ährchen	Samen	
Hauptalm		6			48	40	
1. Nebenhalm		5			39	21	
2. „		4			34	19	
Unfruchtbare seitensprossen {	1.	3			—	—	
	2.	2			—	—	
	3.	2			—	—	
Abgefallene Blätter		5			—	—	
		in Sa. 27			121	80	

Trockengewicht der oberirdischen Organe in Sa.	5291 mg
Darin Rohasche	533 "
Organische Substanz	4758 "

An Pflanze Nro. 476, in blauem Lichte gehalten:

	Halme				Ährenlänge	
	Länge ohne Ähre	Durchmesser			ohne Grannen	mit Grannen
		unten	in d. Mitte	oben		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Hauptalm	902	3,0	4,0	1,5	50	175
1. Nebenhalm	700	2,5	3,2	1,2	42	165
2. "	642	2,5	3,5	1,5	35	165
Unfruchtbare	1. . 575 2. . 115 3. . 65	2,5	3,2	1,5	30	155
Seitensprossen		1,2	1,5	1,2	—	—
		1,0	1,2	0,4	—	—
		Zahl der Blätter			Ährchen	Samen
Hauptalm		6			37	26
1. Nebenhalm		5			26	14
2. "		5			25	15
Unfruchtbare	1. 2. 3.	5			17	10
Seitensprossen		4			—	—
		3			—	—
Abgefallene Blätter		3			—	—
		in Sa. 31			105	65

Trockengewicht der oberirdischen Organe in Sa.	4431 mg
Darin Rohasche	482 "
Organische Substanz	3949 "

Zu unserm lebhaftesten Bedauern war es im Drange anderer Arbeit übersehen worden, die Samen getrennt zu wiegen, doch können wir wiederholt bestätigen, daß ihr Aussehen eine normale und vollkommene Ausbildung nicht bezweifeln liefs.

Am 19. Juli begannen wir den zweiten Teil unseres Versuchs damit, daß wir zwei neue Kulturgefäße, Nro. 477 und 478, die von gleicher Größe, auf ganz gleiche Weise beschickt, wie die vorhergehenden Nummern 475 und 476 und am 18. Juli mit vorher in destilliertem Wasser leicht angekeimten Gerstkörnern besät waren, unter farbige Glocken brachten.

Die blaue Glocke, unter welcher Nro. 478 ihre Stellung fand, hatte dieselbe Farbe und Nuance, wie die, unter welcher die Nro. 476 vegetierte.

Unsere gelbe Reserveglocke, welche mit der für die Nro. 475 benutzten an Farbe und Nuance gleich war, war aus unbekanntem Gründen wenige Tage vor Beginn des Versuchs mehrmals spiralförmig ringsum gesprungen, und so mußten wir für die Pflanze Nro. 477 zu einer dritten Glocke greifen, die zwar ebenfalls mit Kohlenstoff, aber viel dunkler gefärbt war, als die für Nro. 475 benutzte.

Diese neue Glocke war eher braungelb als gelb zu nennen, und die absolute Helligkeit unter derselben recht gering, und zwar auch entschieden geringer, als unter den beiden blauen Glocken.

Die Prüfung des Spektrums zeigte, daß in dem von derselben durchgelassenen Lichte das Violett vollständig und das Blau bis auf einen Rest, den man bis auf $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ des Ganzen schätzte, ausgelöscht war; die übrigen Farben schienen relativ nicht verändert zu sein.

Über die Vegetation unter diesen Glocken können wir Folgendes berichten:

In Nro. 478, unter blauem Lichte, durchbrach der Blattkeim in der Nacht vom 19. zum 20. Juli den Boden; in Nro. 477, unter gelbem Lichte, erschien er erst in der Nacht vom 20. zum 21., während derselbe in vier anderen gleichzeitig unter farblosen Glocken aufgestellten Nummern im Laufe des 20. Juli zum Vorschein kam. (Diesen immerhin geringfügigen Unterschied in der bis zum Aufgehen erforderlichen Zeit ohne Weiteres aus einer spezifischen Einwirkung des farbigen Lichtes zu erklären, will uns, da das Keimen der Samen im Boden erfolgte und für ein absolut gleich tiefes Unterbringen der Körner doch nicht gebürgt werden kann, nicht berechtigt erscheinen.)

In der nächsten Zeit nach dem Aufgehen entwickelte sich das junge Pflänzchen Nro. 478 in blauem Lichte sehr gut, ja es lief anscheinend nicht nur der Nro. 477, sondern auch den unter farblosen Glocken vegetierenden Pflanzen voraus.

Dagegen war die im gelben Lichte stehende Nro. 477 von Anfang an in ihrem Wachstum sichtlich gehemmt und machte sehr bald den entschiedenen Eindruck einer im Schatten lebenden Pflanze, indem sie ihre Internodien unverhältnismäßig streckte und ihre Blätter zwar lang, aber auffallend dünn und schmal heraustrieb.

Eine mit Rücksicht hierauf am 31. Juli an den lebenden Pflanzen vorgenommene Messung vermag diese Verhältnisse ganz gut zu illustrieren. Sie ergab folgende Zahlen:

	Länge der Blattscheiden		Länge der Blätter			Breite der Blätter			
	I. mm	II. mm	I. mm	II. mm	III. mm	I. mm	II. mm	III. mm	
Nro. 477 (gelbes Licht)	60	45	119	239	133	7	7	4	
Nro. 478 (blaues Licht)	24	27	105	203	243	8	7	10	
Vier unter farblosen Glocken wachsende Pflanzen	a.	16	26	109	175	170	8	9	10
	b.	18	20	137	188	128	8	9	8
	c.	19	20	102	184	150	8	8	8
	d.	25	38	96	187	164	9	10	10
Mittel von a. bis d.	20	26	111	184	153	8	9	9	

(Gemessen wurden die Blattscheiden I. von der Oberfläche des Bodens bis zum Grunde der Blattfläche, — II. von dem Grunde der ersten bis zu dem der zweiten Blattfläche, — die Breite der Blätter an der breitesten Stelle der Blattflächen. — Das dritte Blatt war noch nicht vollständig aus der Scheide des zweiten entwickelt und wurde von dem oberen Ende der letzteren an gemessen, seine Länge giebt also nur den bis zum 31. Juli frei entwickelten Teil an und kann deshalb zur Beurteilung der oben erwähnten Beschleunigung resp. Verzögerung des allgemeinen Wachstums dienen.)

In der Folge nahmen bei der im gelben Lichte wachsenden Pflanze Nro. 477 diese Misverhältnisse eher noch zu als ab; aber auch die im blauen Lichte stehende Nro. 478 zeigte allmählich Neigung, ihre Organe bei mangelnder Stärke über Gebühr in die Länge zu strecken.

Bei alledem aber trat keine auffällige und besonderliche Abnormalität hervor, die man notwendig einem spezifischen Einflusse des gefärbten Lichtes hätte zuschreiben müssen, sondern beide Nummern machten, wie schon erwähnt, nur den Eindruck von Pflanzen, denen das notwendige Sonnenlicht teilweise entzogen wird und die in einem mehr oder minder intensiven Schatten wachsen; ihr ganzer Habitus erinnerte uns immer lebhaft an die von uns bei anderer Gelegenheit nur mit Hülfe diffusen Lichtes gezogene Gerste.

Dieser Eindruck drängte sich besonders dann auf, wenn man beobachtete, wie die neugebildeten Organe immer besonders lang und

schmal ausfielen, sobald sie während einer Reihe lichtarmer, trüber Tage erzeugt wurden, während dieselben auffallend kürzer, breiter und stämmiger waren, sobald sie in einer Folge von recht heiteren, sonnenkräftigen Tagen gebildet wurden; im letzteren Falle zeigten die Bildungen von Nro. 478 keinen Unterschied von den im farblosen Lichte entstandenen.

Am 12. August trieb Pflanze Nro. 477 zwei und am 13. Nro. 478 einen Seitensprofs, denen später noch einige weitere folgten.

Bei Nro. 478 erschien eine Ähre am Haupthalme zu derselben Zeit, wie bei den in farblosem Lichte wachsenden Pflanzen; dieselbe wickelte sich frei und schlank aus der letzten Blattscheide heraus, blühte und setzte Körner an, die sich normal und so vollkommen, wie die besten im Freien wachsenden entwickelten. Ebenso trieben noch die beiden ältesten Seitensprossen je eine kleine Ähre, von denen wenigstens die eine einige gut ausgebildete Samen enthielt.

Die Pflanze Nro. 477 wuchs bis zuletzt in der oben skizzierten Weise und augenscheinlich in ihrer Entwicklung immer mehr verzögert weiter. Dieselbe trieb nach und nach acht Seitensprossen, ohne daß am Haupthalme eine Ähre sichtbar wurde; die oberste Blattscheide des letzteren knickte vielmehr eines Tages um und vertrocknete allmählich. Endlich am 22. September zeigten sich in der Höhe der obersten Blattscheide vom ältesten Nebentriebe die Grannenspitzen einer Ähre, die sich sehr langsam vorwärts schoben.

Da aber unterdes die Jahreszeit soweit vorgeschritten war, daß wegen mangelnder Wärme- und Lichtintensität ein normales Ausreifen der Samen nicht mehr zu erhoffen war, so wurden die beiden Pflanzen am 26. September geerntet.

Nro. 477 war damals noch ganz grün, die Grannen der einzigen sichtbaren Ähre etwa bis ein Viertel ihrer Länge zu Tage geschoben. Bei Nro. 478 fingen die Körner der ältesten Ähre an, sich gelblich zu färben, waren aber noch ganz weich und milchend, die übrigen Pflanzenteile, mit Ausnahme der älteren Blätter, noch grün.

Die Maß- und Zahlenverhältnisse der Ernte waren folgende:

	Länge der			Zahl der		
	Halme*) ohne Ähren mm	Ähren		Ährchen	Körner	Blätter
		mit Grannen mm	ohne Grannen mm			
Von Nro. 478 in blauem Lichte gewachsen:						
Hauptalm	880	164	52	33	13	7
1. Nebenhalm	342	150	38	21	4	3
2. „	424	148**)	36	15	0	5
Junge, unentwickelte	1. —	—	—	—	—	4
Seitentriebe						
Von Nro. 477 in gelbem Lichte gewachsen:						
Hauptalm	703	Ähre nicht entwickelt		—	—	7
1. Nebenhalm	680	170	95	54	0	7
2. „	551	Ähre verkümmert, gelb, welk, in der obersten Blattscheide sitzen geblieben			—	6
3. „	340	noch ohne Ährenansatz		—	—	6
Junge, unentwickelte Seitentriebe	1. —	—	—	—	—	4
	2. —	—	—	—	—	3
	3. —	—	—	—	—	3
	4. —	—	—	—	—	2
	5. —	—	—	—	—	2

Zur Charakterisierung der im gelben Lichte erwachsenen Pflanze Nro. 477 geben wir noch folgende weitere Notizen:

	Länge der			Größte Breite der Blattflächen mm
	Internodien	Blattscheiden	Blattflächen	
	mm	mm	mm	
Hauptalm	43	128	249	? ***)
	70	125	297	?
	90	110	326	?
	130	130	312	?
	130	155	186	9
	62	180	190	?

*) Als Länge der Halme wurde die Entfernung von der Wurzel bis zum Anfange der Ährenspindel, oder wenn eine Ähre noch nicht da war, bis zur Spitze der obersten Blattscheide gemessen.

***) Die Ähre safs noch innerhalb der obersten Blattscheide.

****) Die mit ? bezeichneten Blattflächen waren schon mehr oder weniger vertrocknet, so daß sich die Breite derselben nicht mehr genau bestimmen liefs.

	Länge der			Größte Breite der Blattflächen
	Internodien	Blattscheiden	Blattflächen	
	mm	mm	mm	mm
1. Nebenhalm	6	?	?	?
	62	117	244	?
	120	115	314	7,5
	76	95	320	7,5
	48	120	191	8
	170	180	87	7
	145	—	—	—
2. Nebenhalm	40	112	142	—
	120	120	280	7
	80	112	324	7,5
	125	113	208	7
	24	160	92	6,5
	78	—	—	—

Alle drei Halme hatten einen Durchmesser von durchschnittlich 2,5 mm.

Bei dem Haupthalme war das letzte Internodium verkümmert und unentwickelt vertrocknet.

Die Ähre des zweiten Halmes erschien, wie alle übrigen Organe, ungewöhnlich lang und dünn. Bei der mikroskopischen Prüfung derselben liefs sich aber keine Abnormität auffinden; alle Blütenteile waren vorhanden und regelmäfsig gebildet, die Ovarien gut entwickelt.

Die Oberfläche der Blattscheiden und Blattflächen war auffallend (rückwärts) rau, fast scharf anzufühlen, doch war unter dem Mikroskope in der Struktur derselben kein wesentlicher Unterschied von normal entwickelter Gerste zu entdecken.

Da sich bei verschiedenen Vegetationsstörungen eine abnorme Anhäufung von Stärke in den Blättern gezeigt hat, so wurde auf diesen Stoff noch besonders mikroskopisch gefahndet, aber sowohl bei Nro. 478 wie bei Nro. 477 vergeblich.

Die Gesamtproduktion der beiden Pflanzen betrug:

	bei Nro. 477 gelbes Licht	bei Nro. 478 blaues Licht
In den oberirdischen Teilen Trockensubstanz . . .	2,5725 g	2,7990 g
Darin Asche	0,3180 „	0,2805 „
Sand	0,0051 „	0,0030 „
Organische Substanz	2,2494 „	2,5155 „

Die vorstehenden anspruchslosen Versuche konnten und sollten nicht über die physiologischen Wirkungen bestimmter Strahlungsgattungen Aufschluss geben, sondern hatten lediglich den Zweck, zu zeigen, ob sich unsere Kulturpflanzen gegen Lichtarten von qualitativ verschiedener Zusammensetzung ganz besonders empfindlich verhielten.

Wir operierten deshalb absichtlich nicht mit bestimmten einfachen Strahlungsgattungen, und wenn wir oben immer sagten: die Pflanzen wuchsen in blauem oder in gelbem Lichte, so geschah dies einfach der Kürze wegen; korrekter hätten wir uns eigentlich immer so ausdrücken müssen: die Pflanzen wuchsen in einem Lichte, welchem der gröfsere Teil der gelben, resp. der blauen Strahlen entzogen war.

In dieser Beziehung sprechen sich nun unsere Versuche, wie uns dünkt, mit genügender Bestimmtheit dahin aus, dafs die Empfindlichkeit der Pflanzen gegen mäfsige Abänderungen in der qualitativer Zusammensetzung des auf sie treffenden Sonnenlichtes nicht eben sehr grofs ist.

Man mufs bedenken, dafs das durch unsere farbige Glocken gehende Licht nicht nur qualitativ verändert, sondern auch gleichzeitig quantitativ wesentlich geschwächt wurde.

An unseren Versuchspflanzen aber trat, wie wir wiederholt hervorhoben, keine Erscheinung auf, die man nicht in ganz gleicher Art durch eine mehr oder minder intensive Beschattung hätte hervorrufen können, und wir zweifeln keinen Augenblick, dafs, wenn wir eine dritte Pflanze unter einer Glocke aufgestellt hätten, unter welcher die absolute Helligkeit durch einen leichten Überzug von Ruß, Kreide (oder sonst einer Substanz, welche die qualitative Zusammensetzung des Lichtes ganz unverändert liefs) bis zu dem Grade der unter den farbigen Glocken herrschenden herabgemindert war, — dafs diese Pflanze in ihrer Vegetation mit den unter den farbigen Glocken wachsenden sich ganz gleich verhalten hätte.

Jedenfalls aber fühlten wir uns von jetzt ab vollständig beruhigt wenn wir den qualitativen Änderungen, welche das Sonnenlicht beim Durchgange durch unsere Atmosphäre, resp. durch die Wand- und Dachflächen des Glashauses, verschiedentlich erfährt und den daraus eventuell zu fürchtenden Einflüssen auf unsere Versuchspflanzen fernerhin keinerlei Berücksichtigung schenkten.

Siebentes Kapitel.

**Wachstum der Pflanzen bei beschränktem Lichtzutritte. —
Möglicher Maximalertrag auf einer gegebenen Feldfläche.**

Wieviel kann man von einem Morgen Land unter den denkbar günstigsten Verhältnissen überhaupt ernten?

Welches ist der theoretisch mögliche Maximalertrag von einem Hektar?

Das ist gewiß eine sehr nahe liegende und dabei sehr einfache, präzise Frage, die uns aber bisher Niemand, weder ein Theoretiker noch ein Praktiker, auch nur annähernd beantworten wollte oder — konnte.

Wenn der Zuckerfabrikant weiß, daß die von ihm verarbeiteten Rüben 13 Proz. Zucker enthalten, so lehrt ihn ein ganz einfaches Regeldetri-Excmpl, ob er in seiner Fabrik 70, 80 oder 90 Proz. der überhaupt möglichen Ausbeute erzielt. Und wenn der Brennereibesitzer sich berechnet, wie viel Stärke er täglich in seinen Maischbottich bringt, so weiß er damit auf das Literprozent genau, wie viel Spiritus daraus zu erzeugen überhaupt möglich ist, und hat daran den untrüglichen Maßstab zu beurteilen, wie gut oder wie schlecht er zieht.

Ob aber der Landwirt z. B. von einem Hektar Gerste 90 Proz. oder 60, warum nicht vielleicht auch nur 30 Proz. dessen erntet, was möglicherweise darauf wachsen könnte, darüber kann er sich augenblicklich gar kein Urteil verschaffen. Er muß sich zufrieden stellen, wenn er mehr erntet, als in den Vorjahren, oder besser als seine Nachbarn.

Das Gewerbe des Ackerbaues ist nun bereits einige Jahrtausende alt. Ist es nicht gar wunderlich, daß eine solche Grundfrage so total und ganz noch im Dunkeln liegt?

Und doch ist sie sicherlich nicht unlösbar.

Zur Produktion brauchen die Pflanzen zunächst ein gewisse Volumen eines porösen Bodens, welches den Wurzeln den erforderlichen Raum zu ihrer Entwicklung gewährt; sodann ein genügende Maß von Feuchtigkeit; weiter eine bestimmte Quantität assimilierbarer Nährstoffe in Boden und Atmosphäre, und endlich eine bestimmte Menge von Wärme und Licht.

Von diesen Fruchtbarkeitsfaktoren läßt sich das Bodenvolumen durch Tiefkultur bis zu jeder beliebigen Höhe steigern; ebenso kann die Feuchtigkeit eventuell mit Hilfe künstlicher Bewässerung bis zu jeder nur irgend erwünschten Grenze leicht erhöht werden; die Nährstoffe im Boden bis zum Luxus zu vermehren, bietet nicht die geringste Schwierigkeit; selbst auf eine Vermehrung der Wärme läßt sich durch die Wahl geeigneter Düngemittel und Vermehrung des Humusgehaltes im Boden bis zu einem gewissen Grade einwirken nur der letzte Faktor allein, das Licht, ist dem Einflusse des Menschen vollständig entzogen; der Landwirt hat kein Mittel in der Hand, das Licht, das ihm der Himmel schickt, um das Geringste zu vermehren oder das Fehlende um einen Bruchteil zu ergänzen.

Das Licht zieht mithin unabänderlich die Grenze, über die hinaus die Produktion der Pflanzen durch kein dem Landwirte zur Verfügung stehendes Mittel getrieben werden kann.

Die Menge des Lichtes, welches während der Vegetationszeit auf eine gegebene Bodenfläche fällt, bestimmt das mögliche Maximum des von derselben zu erntenden Ertrags*).

Wenn man also diese Lichtmenge einerseits durch fortlaufende Messung genau bestimmte, und anderseits experimentell ermittelte wieviel Pflanzensubstanz durch eine bestimmte Lichteinheit unter den günstigsten Bedingungen gebildet werden kann, so liesse sich daraus der theoretisch mögliche Maximalertrag eines Hektars berechnen.

Leider ist eine allgemeine Lösung der Frage auf diesem Wege noch nicht möglich, weil uns eine genaue Methode zur Messung des Lichtes noch vollständig fehlt.

Das schließt aber nicht aus, daß man für einen gegebenen speziellen Fall das Ziel auf rein empirischem Wege erreichen könne.

*) Wenigstens für den praktischen Landwirt, der wohl nie in die Lage kommen wird, von einer Spiegelung des Sonnenlichtes, elektrischen Beleuchtung u. dergl. reellen Nutzen zu ziehen.

Die Sache hat nicht allein ein hohes praktisches Interesse, sondern bot auch eine Anzahl Beziehungen zu unserer Kulturmethode, die uns wichtig genug erschienen, um den Versuch zu einer solchen empirischen Lösung zu wagen.

Wir wollen gleich jetzt gestehen, daß unsere Bestrebungen mißlingen; das soll uns aber nicht abhalten, dieselben kurz zu beschreiben, sei es auch nur, um einem andern die von uns begangnen Fehler zu ersparen.

Der erste Anlauf, den wir nahmen, bestand in der Einrichtung eines Versuchsfeldes, auf welchem den Pflanzen alle Fruchtbarkeitsfaktoren mit Ausnahme des Lichtes zwar nicht bis zum schädlichen Übermaße, aber in so reichlichem Grade wie denkbar möglich geboten werden sollten.

Zu diesem Behufe wurde auf einer horizontal gelegenen Feldfläche ein fünf Meter breiter Streifen im Herbst und Winter des Jahres 1870 einen Meter tief rajolt, dann mit Stalldünger reich gedüngt und in zehn quadratische Feldchen von je fünf Meter Seite derart eingeteilt, daß zwischen je zwei Feldchen immer ein Weg von einem Meter Breite liegen blieb.

Auf diesen Parzellen wurden zwei Getreidearten, zwei Ölfrüchte, zwei Blattfrüchte, zwei Hackfrüchte und zwei Futtergewächse angesät, und die weitere Idee war nun, dieselben eine Reihe von Jahren (zunächst etwa zehn) in folgender Fruchtfolge anzubauen:

A b t e i l u n g A.

Sommerraps,
Erbsen,
Runkelrüben,
Gerste,
Klee.

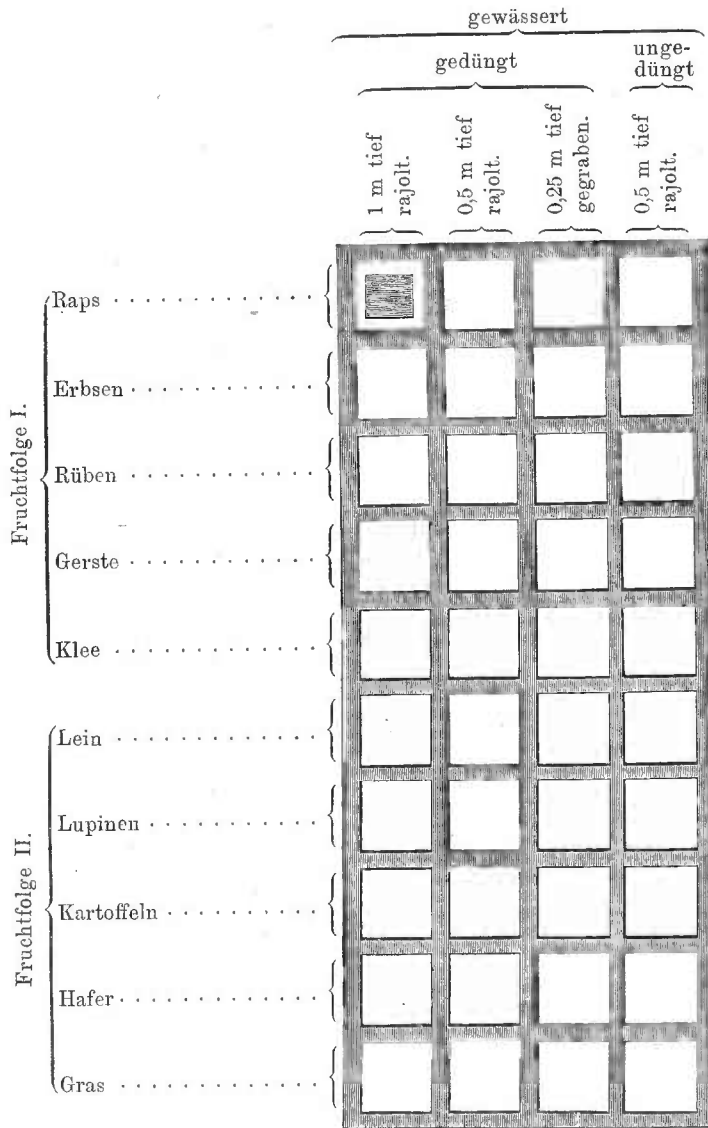
A b t e i l u n g B.

Lein,
Lupinen,
Kartoffeln,
Hafer,
Gras,

und dieselben durch jährlich wiederholte Düngung mit Stallmist unter Beigabe der für jede Frucht geeignet erscheinenden Hilfsdüngemittel,

ferner durch möglichst sorgfältige Bearbeitung und durch reichlich Zufuhr von Wasser zur denkbar größten Massenproduktion zu treiben

Fig. 10.



Plan des Versuchsfeldes im Jahre 1871.

Bei Ermittlung des Ertrags sollten dann die Randpartien der einzelnen Parzellen als in Bezug auf das Licht mehr oder weniger begünstigt ganz ausgeschlossen und nur die Ernte der im Mittelpunkte jedes Feldchens liegenden neun Quadratmeter gewogen werden (vgl. das Feldchen Nr. 1 auf dem nebenstehenden Plane des Versuchsstücks, Fig. 10).

Man hoffte so nach einer zweimaligen Durchführung der beiden Fruchtfolgen aus den Ernten, die man in zehn aufeinanderfolgenden Jahrgängen erhielt, für die theoretisch möglichen Maximalerträge der benutzten Früchte in der klimatischen Lage von Dahme Durchschnittszahlen zu erhalten, die der Wahrheit ziemlich nahe kämen.

Ferner wurden, um die erwarteten Einflüsse der Tiefkultur, Düngung und Wässerung gesondert zur Anschauung zu bringen, noch drei weitere mit dem ersten parallele Feldstreifen mit denselben zehn Früchten bestellt, von denen der erste $\frac{1}{2}$ m tief rajolt, der zweite nur $\frac{1}{4}$ m tief gegraben, beide aber reichlich gedüngt, und der dritte $\frac{1}{2}$ m tief rajolt, aber nicht gedüngt wurde. — Diesen sämtlichen in Summa 40 Versuchsfeldchen wurde gleichmäÙig und nach Bedürfnis reichlich Wasser zugeführt.

Endlich richtete man in unmittelbarem Anschlusse an dieses Versuchsstück ein zweites von ebenfalls 40 Feldchen ein, die genau ebenso vorbereitet, gedüngt und bestellt, wie die ersten 40, aber nie künstlich bewässert wurden.

Der in Fig. 10 gegebene Plan der gewässerten Abteilung unseres Versuchsstückes wird die Absicht, die wir verfolgten, leicht erkennen lassen.

Wie erwähnt, scheiterte unsere Hoffnung an verschiedenen Fehlern, die wir teils bei der Anlage, teils bei der Ausführung unserer Versuche begingen.

Bald nach Beginn des Experimentes zeigte sich, daß wir das Rajolen zu spät vorgenommen hatten. Der Boden setzte sich erst im Laufe des ersten Versuchsjahres vollständig und zwar an verschiedenen Stellen des Planes ungleich; dadurch entstanden auf der Oberfläche Senkungen und Risse, die den gleichmäÙigen Stand der Früchte verdarben.

In dem weiteren Verfolge der Arbeit mußten wir uns überzeugen,

dafs wir einen wesentlichen Fehler in der Wahl des Bodens gemacht hatten. Wir benutzten zu unseren Versuchen einen lehmigen Sandboden mit grobem Diluvialsand im Untergrunde. Obgleich derselbe nur wenig abschlämmbare Teile enthielt, schwemmte er doch nach wiederholtem Begießen so zusammen und wurde so fest und hart, dafs er nicht nur dem Eindringen des aufgebrachtens Wassers später fast unüberwindlichen Widerstand entgegensetzte, sondern auch das Gedeihen der Pflanzen empfindlich benachteiligte.

Einen dritten folgenreichen Fehler begingen wir mit der Benutzung der Gießkanne zur künstlichen Feuchterhaltung des Bodens. — Wir haben noch bei anderen Gelegenheiten (z. B. bei Experimenten, welche die Ermittlung der für einen gewissen Ertrag erforderlichen Wassermenge betrafen) versucht, den natürlichen Regenfall durch Begießen zu erhöhen resp. zu ersetzen, aber immer mit schlechtem Erfolge. Es giebt wenige Bodenarten, die durch öfteres starkes Begießen nicht widerspenstig und verschlossen werden; dabei bleibt es nicht ohne Nachteil, wenn man, wie dies oft nicht anders geht, Wasser von ungünstiger Temperatur oder Zusammensetzung verwendet; und zu alledem ist die Arbeit, wenn man mehrere Zolle Regen selbst nur auf einer mäfsigen Fläche durch Begießen mit der Kanne ersetzen will und das Wasser nicht ganz nahe zur Hand hat, eine kaum zu bewältigende.

Die Erkenntnis dieser Fehler bewog uns bald, diese Versuche unvollendet zu verlassen, aber wir sind auch heute der Überzeugung, dafs man, wenn man dieselben vermindert — wenn man z. B. einen leichten, reichen, sandig-humosen Boden, oder vielleicht auch einen günstig zusammengesetzten Moorboden als Grundlage wählt und die Anfeuchtung desselben von unten besorgt, etwa mittelst einer Drainanlage nach dem Petersenschen Systeme, oder nach der Methode der Rimpauschen Dammkulturen —, auf diesem Wege zu Resultaten gelangt, die brauchbar und weiter verwertbar sind.

Der zweite Versuch zur empirischen Lösung der Frage bestand darin, dafs wir in unseren Kulturgefäfsen Pflanzen bei räumlich beschränktem Lichtzutritte wachsen liefsen.

Aufgabe hierbei war es, von dem direkten, ungeschwächten und in seiner Qualität nicht veränderten Sonnenlichte nur soviel auf die Pflanzen wirken zu lassen, als auf eine bestimmt begrenzte horizontale Fläche fallen konnte, beispielsweise also etwa auf eine Fläche, die der Bodenoberfläche gleich war, welche man den Pflanzen als Standort eingeräumt hatte.

Dieser Forderung suchte man nun, ohne das Wachstum der Gewächse anderweit erheblich zu schädigen, dadurch gerecht zu werden, daß man sich zunächst eine größere Anzahl von Pappschirmen in Form eines abgestutzten Kegels, etwa nach Art der blechernen Schirme an den alten Studierlampen, verschaffte, deren obere Öffnung unter sich genau gleich war. Dann wurde an der äufsceren nach Norden gestellten Wand des zu dem Versuche bestimmten Kulturgefäßes vertikal ein Holzstab angebracht, der etwa $1\frac{1}{2}$ m über dasselbe hinausragte, und an diesem, sobald die jungen Versuchspflanzen die Erde durchbrochen hatten, mittelst Drahtklemmen ein Pappschirm in der Art befestigt, daß er ihnen nur das durch seine obere Öffnung fallende Licht zukommen liefs, alle Strahlen aber, die von seitwärts auf dieselben hätten treffen können, abhielt. Wenn die Pflanzen die Länge erreicht hatten, daß ihre Spitzen aus der oberen Öffnung des ersten Schirmes herausragten, wurde hart auf diesen ein zweiter angeklemt und in gleichem Tempo mit dem Weiterwachsen der Pflanzen allmählich soweit an dem Stabe aufwärts geschoben, bis sein unterer Rand mit dem oberen des ersten Schirmes fast in gleicher Höhe stand. Dann wurden in gleicher Weise ein dritter, vierter und nach und nach überhaupt so viele Schirme aufgesetzt, als das Längswachstum der Versuchsgewächse erheischte. Die auf folgender Seite stehende Fig. 11 zeigt die einfache Vorrichtung, die man etwa als eine teleskopische, durchbrochene Röhre betrachten kann, welche immer der Höhe der wachsenden Pflanzen entsprechend allmählich ausgezogen wurde.

Die Konstruktion derselben gestattete den gewünschten freien Zutritt einer bestimmt begrenzten Menge direkten Sonnenlichtes allerdings zunächst zu den oberen, d. h. jüngsten Pflanzenteilen; aber in den ersten Vegetationsepochen, so lange der Röhrenaufbau nur eine mäßige Höhe hatte, drang das direkte Licht wenigstens bei hohem Stande der Sonne zeitweise noch bis zur Bodenoberfläche hindurch, und als später dies mit dem Höherwerden der Pflanzen aufhörte,

tröstete man sich damit, dafs um diese Zeit die produzierende Thätigkeit der unteren älteren Pflanzenteile auch unter normalen Verhältnissen schwächer werde und allmählich aufhöre, und dafs

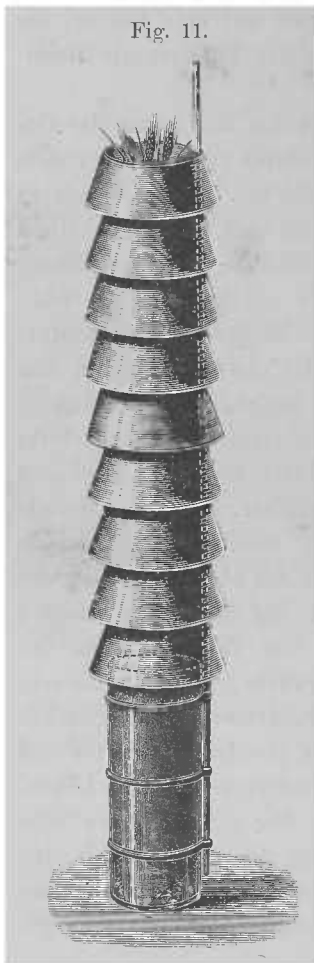


Fig. 11.

anderseits die innerhalb unserer Schirmkolonne eingeschlossenen Halme und Blätter überhaupt nicht zu absoluter Finsternis verdammt waren, sondern stets zwischen den Schirmen hindurch eine gewisse, wenn auch geringe Menge diffusen Lichtes erhielten.

Da nun die Konstruktion der Schattenröhre ausserdem den vollen ungehinderten Zutritt der atmosphärischen Luft zu allen Teilen der Gewächse und zu allen Zeiten gewährleistete, so hofften wir, bei unserm Versuche Pflanzen zu erziehen, die zwar natürlich die Eigentümlichkeiten der Schattenpflanzen bis zu einem ziemlichen Grade zeigen würden, die aber wenigstens keine wesentlichen Abweichungen von der normalen Bildung bieten, und ganz besonders vor einem eigentlichen Vergeilen auch in ihren unteren Stengel- und Blattpartien geschützt bleiben würden.

Über die Spezialitäten dieser Versuche werden folgende Angaben genügen:

Im Frühjahr 1873 wurden neun cylindrische Glaskulturgefässe, drei grössere und sechs kleinere, in der bei uns üblichen, öfter näher beschriebenen Weise mit unserm Gartenboden beschickt.

Die drei grösseren, Nro. 479 bis 481, hatten einen nutzbaren innern Raum von 14 cm Durchmesser und 65 bis 67 cm Höhe, die sechs kleineren, Nro. 482 bis 487, einen solchen von ebenfalls 14 cm Durchmesser und 34 bis 35 cm Höhe.

Bis zum Rande gefüllt faßten dieselben:

	lufttrocknen	ganz trocken
	Boden	Boden
a. die größeren Gefäße:	g	g
Nro. 479.	12 965	12 634
" 480.	13 500	13 156
" 481.	13 240	12 902
b. die kleineren Gefäße:		
Nro. 482.	6 000	5 847
" 483.	6 300	6 140
" 484.	6 423	6 260
" 485.	6 000	5 847
" 486.	6 688	6 517
" 487.	6 000	5 847

Von diesen Gefäßen wurden die drei größeren und von den kleineren die Nummern 482, 483 und 484 mit Gerste, die letzten drei Nummern 485 bis 487 aber mit Erbsen angesät.

Die Saatqualität der Gerste war: spezif. Gew. 1,20 bis 1,22, absolutes Gew. = 30 bis 36 mg, und die zur Saat benutzten Erbsensamen wogen lufttrocken zwischen 130 und 180 mg.

Von den Erbsen wurden am 2. Mai je fünf gekeimte Körner pro Kulturgefäß ausgelegt, von denen man aber immer nur die zwei vollkommensten Keimpflänzchen zur weiteren Entwicklung kommen liefs.

Von der Gerste wurden am 5. Mai je 12 Körner pro Versuchsnummer eingesät, die man später überall auf vier Pflanzen ausdünte.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde während der ganzen Dauer des Experimentes von 70 zu 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Gartenbodens schwankend erhalten.

Sobald die Keimpflänzchen die Bodenoberfläche durchbrochen hatten, wurde mit dem Aufsetzen der oben beschriebenen Lichtschirmkolonnen begonnen.

Man hatte drei verschiedene Weiten solcher Schirme in Bereitschaft:

a. weite Schirme von 25 cm unterer und knapp 20 cm oberer Weite; die obere Öffnung derselben hatte also den doppelten Inhalt der Bodenoberfläche im Kulturgefäße;

b. mittlere Schirme von 18 cm unterer und 14 cm oberer Weite; die obere Öffnung war gleich der Bodenoberfläche;

c. enge Schirme von 14 cm unterer und knapp 10 cm oberer Weite; die obere Öffnung derselben war demnach halb so groß, als die Bodenoberfläche,

und versah von den mit Gerste bestellten Kulturgefäßen:

die beiden Nummern	479 u. 482	mit einer Kolonne von weiten	Schirmen
„ „	480 u. 483	„ „	„ „ mittleren „
„ „	481 u. 484	„ „	„ „ engen „

Von den mit Erbsen besäeten Gefäßen wurde nur die Nummer 487 durch eine Säule aus mittleren Schirmen beschattet, während den beiden Nummern 485 und 486 der Genuß des vollen, unbeschränkten Sonnenlichtes gewährt wurde.

Ein paar besondere Nummern auch mit Gerste zum Vergleiche in vollem Lichte zu bauen, wurde deshalb für überflüssig gehalten, weil uns zu diesem Behufe schon die beiden Nummern 356 und 354 aus der oben in Abschnitt II, Kapitel 4 (das Verhalten der Wurzeln in hohen Kulturgefäßen betreffend) mitgeteilten Versuchsreihe*) zur Verfügung standen. Diese Reihe war mit der hier behandelten unter vollkommen gleichen Bedingungen gehalten und die einzelnen Glieder derselben sind daher unter sich durchaus vergleichbar. Wir werden uns deshalb erlauben, die Nummern 356 und 354 bei Besprechung der Resultate hier mit heranzuziehen.

Bei der Vegetation der Versuchspflanzen äußerte sich der Effekt der Schirmröhren bald sehr auffallend, aber nicht in der von uns gewünschten Weise. Die Gerste sowie die Erbsen nämlich wuchsen unter den Schirmen übermächtig schnell und lang in die Höhe, und dies wurde immer schlimmer, je länger es dauerte; die Halme, resp. Stengel, blieben dünn, wurden später in ihrem unteren Teile bleich, weich und schlaff (es ist kein Zweifel, daß sich dieselben, wenn sie nicht von den Schirmen gehalten worden wären, vollständig gelagert hätten); die Blätter bildeten sich über Gebühr lang und schmal, die Farbe der unteren ging viel zu früh aus Grün nach Hellgrün und Gelb — bei den Erbsen mehrfach nach Rot — über; kurz es war nicht zu verkennen, daß wir durch unsere Schirme nicht nur die Produktion beschränkt, sondern die Vegetation der Pflanzen zugleich stark in die anormale Richtung gedrängt hatten, welche sie in absoluter

*) Cfr. S. 216.

Finsternis einschlägt. Je enger die Schirme waren, die man gegeben hatte, desto bemerkbarer machten sich die mislichen Erscheinungen. Bei alledem kamen sämtliche Pflanzen zur Fruchtbildung, die freilich an Vollkommenheit zu wünschen übrig liefs.

Die Gesamtproduktion in den einzelnen Gefäfsen an oberirdischer Trockensubstanz war:

1. Bei der Gerste.

a. In den gröfseren Gefäfsen (65 bis 67 cm hoch):

Nro. 356.	volles Licht	57,288 g
„ 479.	weite Schirme	15,321 „
„ 480.	mittlere „	10,792 „
„ 481.	enge „	7,730 „

b. In den kleineren Gefäfsen (34 bis 35 cm hoch):

Nro. 354.	volles Licht	27,981 g
„ 482.	weite Schirme	12,217 „
„ 483.	mittlere „	11,804 „
„ 484.	enge „	6,507 „

2. Bei den Erbsen.

Nro. 485.	volles Licht	38,359 g
„ 486.	„ „	37,093 „
„ 487.	mittlere Schirme	11,350 „

Die spezielle Untersuchung der Erntemasse ergab:

1. Bei der Gerste:

Laufende Versuchs- nummer	Licht- verhältnisse	Anzahl der Halme	davon ähren- tragend	Länge der Halme cm	Anzahl der Ähren	Anzahl der Körner
a. In den größeren Gefäßen:						
356.	volles Licht	33	31	104 91 111 107 118 78 88 98 92 103 103 90 71 57 112 98 84 105 88 96 106 74 110 90 92 96 93 81 85 52 64 37 21 in Sa. 2895	63 63 84 78 66 78 57 75 69 63 60 54 75 51 60 54 54 36 57 63 48 60 51 57 36 36 33 33 24 27 24 in Sa. 1689	19 19 26 25 19 24 16 23 22 17 15 15 20 36 55 36 45 22 29 46 30 51 40 39 20 23 20 18 14 8 10 in Sa. 802
479.	weite Schirme	13	13	90 87 110 92 117 103 95 117 105 100 102 99 86 in Sa. 1303	48 72 48 45 45 45 24 30 63 42 48 30 60 in Sa. 600	38 21 33 38 27 20 2 3 16 10 29 3 12 in Sa. 252
480.	mittlere Schirme	10	7	120 130 118 94 120 113 113 72 80 65 in Sa. 1025	52 36 39 45 39 39 27 in Sa. 277	28 25 26 40 29 27 0 in Sa. 175
481.	enge Schirme	7	6	122 118 110 88 113 105 80 in Sa. 736	51 18 45 48 51 51 in Sa. 264	33 0 19 33 32 38 in Sa. 155

Laufende Versuchs- nummer	Licht- verhältnisse	Anzahl der Halme	davon ähren- tragend	Länge der Halme cm	Anzahl der Ährchen	Anzahl der Körner
b. In den kleineren Gefäßen:						
354.	volles Licht	13	13	94 117 98 107 103 115 100 92 94 76 104 106 69 in Sa. 1270	51 39 54 57 39 57 48 45 42 48 39 36 36 in Sa. 591	39 33 41 40 30 43 32 27 25 38 25 23 10 in Sa. 406
482.	weite Schirme	10	7	101 110 100 100 92 103 103 59 67 78 in Sa. 913	39 39 45 45 36 42 39 in Sa. 285	27 14 37 31 25 26 16 in Sa. 176
483.	mittlere Schirme	11	7	127 127 102 123 102 118 129 82 83 56 47 in Sa. 1096	30 48 42 45 48 36 30 in Sa. 279	0 40 31 36 34 22 0 in Sa. 163
484.	enge Schirme	7	5	110 104 106 105 96 92 70 in Sa. 633	45 45 39 36 42 in Sa. 207	21 22 16 10 9 in Sa. 75

2. Bei den Erbsen:

Laufende Versuchs- nummer	Licht- verhältnisse	Anzahl der Nebenzweige	Länge der Stengel und Nebenzweige cm	Anzahl der Blätter	Anzahl der Früchte	Anzahl der Körner
485.	volles Licht	3	150 150 146 140 140 in Sa. 726	61 + 44 in Sa. 105	17 + 14 in Sa. 31	143
486.	volles Licht	5	144 135 138 100 112 112 102 in Sa. 843	89 + 55 in Sa. 144	23 + 10 in Sa. 33	129
487.	mittlere Schirme	4	178 183 107 74 73 50 in Sa. 665	29 + 46 in Sa. 75	5 + 6 in Sa. 11	11

Die Gewichtsverhältnisse stellten sich wie folgt:

1. Bei der Gerste:

Laufende Versuchs- nummer	Licht- verhältnisse	Ertrag an Trockensubstanz				Ein Korn wog durch- schnittlich mg	Relatives Verhältnis		
		Körner mg	Streu mg	Stroh mg	in Sa. mg		Sa. der Ernte = 100 gesetzt	Körner : Stroh	
a. In den größeren Gefäßen:									
356.	volles Licht	28 906	5538	22 844	57 288	36	50,5	9,6	39,9
479.	weite Schirme	5 310	1376	8 635	15 321	21	34,6	9,0	56,4
480.	mittlere Schirme	4 050	800	5 942	10 792	23	37,5	7,4	55,1
481.	enge Schirme	2 475	761	4 494	7 730	16	32,0	9,9	58,1
b. In den kleineren Gefäßen:									
354.	volles Licht	13 353	2178	12 450	27 981	33	47,7	7,8	44,5
482.	weite Schirme	5 618	1044	5 555	12 217	32	46,0	8,5	45,5
483.	mittlere Schirme	3 564	882	7 358	11 804	22	30,2	7,5	62,3
484.	enge Schirme	953	664	4 890	6 507	12	14,7	10,2	76,1
2. Bei den Erbsen:									
485.	volles Licht	14 613	2914	20 832	38 359	102	38,1	7,6	54,3
486.	volles Licht	12 723	2484	21 886	37 093	99	34,3	6,7	59,0
487.	mittlere Schirme	1 247	608	9 495	11 350	113	11,0	5,4	88,6

Der Hauptzweck der Versuche war zweifelsohne verfehlt.

Als wir dieselben anstellten, hatten wir wie folgt kalkuliert:

Die im freien Felde stehenden Pflanzen erhalten ihr Licht in der Hauptsache auf den Kopf. Sobald sie in der Entwicklung soweit vorgeschritten sind, daß sie den Boden vollständig bedecken, beschattet eine Pflanze die andere und hält die geradlinig einfallenden Sonnenstrahlen von den unteren Teilen derselben mehr oder weniger, unter Umständen gänzlich ab. Ferner, da die Sonnenstrahlen stets geradlinig und parallel die Erdoberfläche treffen, so erhält jeder gleiche Teil einer gegebenen, ebenen Fläche stets gleich viel Licht, jeder Quadratmeter eines Hektars also genau den zehntausendsten Teil des Lichtes, welches auf den Hektar fällt, und wenn bei gleichmäßigem Stande auf einem Hektar zwei Millionen, auf jedem Quadratmeter aber 200 Pflanzen stehen, so kommt immer je 200 Pflanzen der zehntausendste Teil des Lichtes zu, welches dem ganzen Hektar zufließt, oder mit anderen Worten: auf einem gleichmäßig bestandenen Felde erhält jede Pflanze mit Ausnahme der am Rande wachsenden genau soviel Licht, als auf die Bodenoberfläche fällt, welche sie einnimmt.

Es ist leicht verständlich, wie unsere Einrichtung auf diesen Kalkul gebaut war, und wie wir die Absicht hatten, durch dieselbe die in der Praxis herrschenden Verhältnisse in unserem Versuche nachzuahmen. Aber wir hatten vor dem Ziele vorbeigeschossen.

Unsere Schattenröhren aus den mittelgroßen Schirmen gewährten allerdings den Zutritt von genau soviel Licht, wie einer Fläche zukam, die gleich war der von den Versuchspflanzen besetzten Bodenoberfläche, aber sie gestatteten den letzteren nicht, diese Lichtquantität auch vollständig auszunutzen. Die in den Röhren eingeschlossenen Stengel und Blätter erfüllten natürlich den inneren Raum nicht so vollständig, daß nicht eine Menge von Lücken geblieben wäre, durch die eine anschnliche Lichtquantität ungenützt vorbei und an den Schirmwänden verloren ging. Die Feldpflanzen verhalten sich nun zwar in dieser Hinsicht nicht anders, aber dort lassen die vorstehenden Nachbarpflanzen auch Lücken, durch welche ihren Hintermännern seitlich soviel Licht zugeführt wird, als sie sich oben entgehen lassen. Rechnet man hinzu, daß die Pflanzen im freien Felde stets vom Winde bewegt, und daß infolge dieses unablässigen Wallens und Wogens immer andere Stellen der Pflanze für den Zutritt des Lichtes

bloßgelegt werden, während die undurchsichtigen Schirme von unseren Versuchspflanzen jeden seitlich auffallenden Lichtstrahl abfangen und den unteren Teil derselben in den späteren Perioden der Vegetation dauernd in Schatten hüllten, so muß man sich sagen, daß die letzteren in Bezug auf Beleuchtung wesentlich schlechter gestellt waren als die Feldpflanzen, daß sie hinter den Schirmen einen bedeutenden Teil an Kraft in Form von Licht weniger zugeführt erhielten, als sie in geschlossenem Bestande auf freiem Felde erhalten haben würden, und daß mithin die Produktion derselben nicht das auf der Fläche eines Kulturgefäßes mögliche Maximalertragnis repräsentierte, sondern hinter diesem zurückbleiben mußte.

In der That ernteten wir unter den Schirmen mittlerer Größe von der Gerste:

in Nro. 480.	4,050 g Körner und	6,742 g Stroh + Spreu
„ „ 483.	3,564 g „ „	8,240 g „ + „

d. i. im Durchschnitt 3,807 g Körner und 7,491 g Stroh + Spreu.

Nimmt man in etwas abgerundeten Zahlen die Oberfläche eines Kulturgefäßes von 14 cm lichter Weite zu 154 qcm und die Fläche eines Hektars = 650 000 Kulturgefäßen an, so würde dieser Durchschnittsertrag gleich sein einer Ernte von 2475 kg Körnern und 4869 kg Stroh + Spreu pro Hektar.

In der Tabelle von O. Rohde im landwirtschaftlichen Kalender von Mentzel und v. Lengerke wird nun der gewöhnliche Ertrag der vierzeiligen Gerste angegeben mit

1002 bis 1754 kg Körner und
1174 „ 2350 „ Stroh pro Hektar,

während Graf zur Lippe in seinem Kalender als höchsten in Sachsen erreichten Ertrag von der Gerste (wahrscheinlich zweizeiligen)

6101 kg Körner

angiebt und von ähnlich hohen Erträgen auch aus anderen Gegenden uns berichtet worden ist.

Der Hauptzweck der Versuche — eine annähernd richtige Zahl für den auf einer gegebenen Bodenfläche möglichen Maximalertrag empirisch zu finden — war also nicht erreicht; trotzdem aber erscheint uns das Resultat derselben interessant genug, um ihnen noch einige weitere Worte zu widmen.

Zunächst finden wir in ihnen einen neuen beachtenswerten Beweis für den entscheidenden Einfluss, den das Licht nicht nur qualitativ auf den ganzen Verlauf der Vegetation, sondern auch quantitativ auf die Produktion an Pflanzensubstanz ausübt.

Wir können es nicht als Zufall betrachten, dass unter den Schirmen mittlerer Größe, deren obere lichtspendende Öffnung gleich der Bodenoberfläche war, bei sonst sehr ungleichen Kulturverhältnissen und selbst von verschiedenen Pflanzengattungen doch überall ungefähr gleichviel Trockensubstanz geerntet wurde.

Es lieferten unter mittelgroßen Schirmen :

a. die Gerste:		Trockensubstanz
in Nro. 480.	(Kulturgefäß 66 cm hoch, Bodenmenge	13 156 g) 10,792 g
" " 483.	(" 34 " " " "	6 140 g) 11,804 g
b. die Erbsen:		
in Nro. 487.	(Kulturgefäß 34 cm hoch, Bodenmenge	5 847 g) 11,350 g

während im vollen unbeschränkten Sonnenlichte als Ertrag gewonnen wurden:

a. von der Gerste:		Trockensubstanz
in Nro. 356.	(Kulturgefäß 66 cm hoch, Bodenmenge	13 122 g) 57,288 g
" " 354.	(" 34 " " " "	6 176 g) 27,981 g
b. von den Erbsen:		
in Nro. 485.	(Kulturgefäß 34 cm hoch, Bodenmenge	5 847 g) 38,359 g
" " 486.	(" 35 " " " "	6 517 g) 37,093 g

Während also im vollen unbeschränkten Sonnenlichte bei der Gerste der Ertrag in dem größeren Gefäße ungefähr doppelt so groß ist, wie in dem kleineren, und sich damit in ein gerades Verhältnis zu dem gegebenen Bodenquantum stellt, und während im vollen Lichte die Erbsen eine um etwa 35 Proz. höhere Ernte liefern als die unter gleichen Bedingungen vegetierende Gerste, ist unter den Schirmen von allen diesen Verhältnissen absolut nichts zu spüren, und wird dort die Produktion offenbar einzig und allein durch die gebotene, beschränkte Lichtmenge dirigiert.

Dass unter den engen Schirmen, deren obere Öffnung gleich der Hälfte der Bodenoberfläche war, nicht genau halb soviel (sondern etwas mehr), und dass unter den weiten, der doppelten Bodenfläche gleichen Schirmen nicht genau doppelt soviel (sondern weniger) geerntet wurde, als unter den Schirmen von mittlerer Weite, kann nicht

Wunder nehmen. Im Gegenteil müßte es auffallen, wenn hier eine strenge Proportionalität waltete; denn da die Pflanzen unter den engen Schirmen mehr zusammengedrängt waren und in Folge dessen natürlich weniger Lücken zwischen den einzelnen Blättern und Stengeln ließen, durch welche Licht ungenutzt entweichen konnte, als unter den mittleren, so war a priori zu schließeln, daß auch die Wirkung einer bestimmten Lichtmenge dort relativ etwas höher ausfallen müsse als hier. Und genau umgekehrt mußte sich das Verhältnis unter den weiten Schirmen gestalten.

(Alles in allem erwogen, erscheint es uns nicht zweifelhaft, daß unsere ursprüngliche Frage nach dem möglichen Maximalertrage einer Ackerfläche sich auch mit Hilfe von Versuchen in kleinen Kulturgefäßen empirisch lösen läßt, wenn man sich noch enger an die praktischen Verhältnisse anschließt, als wir es gethan, — vielleicht etwa so, daß man einen genügend großen Vegetationskasten mit der zu prüfenden Frucht besät und dann die Versuchsgefäße derart in diesen einsetzt, daß der Lichtzutritt zu denselben durch die im Kasten wachsenden Pflanzen ganz in ähnlicher Weise beschränkt, resp. reguliert wird, wie bei den in der Mitte eines gut bestandenen Feldes befindlichen Pflanzen.)

Weiter erscheinen uns die Versuche wohl dazu geeignet, unser Urteil über die Vegetation der Gewächse in verhältnismäßig kleinen Kulturgefäßen im allgemeinen und über das Verhältnis derselben zu dem Wachstum der Pflanzen auf freiem Felde im speziellen zu klären.

Anfang der siebziger Jahre, als unsere Kulturmethode schon weiter ausgebildet war, ernteten wir bei unseren Ernährungsversuchen in den gewöhnlich verwendeten, niedrigen, schwach konischen Kulturgefäßen von durchschnittlich 15 cm lichter Weite und 4 kg Sand Inhalt von normal gewachsenen Gerstpflanzen im Mittel 10 g Trockensubstanz in den Körnern. Dies entspricht, wenn man mit E. Wolff die mittlere hygroskopische Feuchtigkeit der Getreidesamen zu 14 Proz. annimmt, einer lufttrocknen Körnerernte von 11,628 g.

In dem eben erwähnten hohen cylindrischen Kulturgefäße Nro. 356, von 14 cm lichter Weite und etwas mehr als 13 kg Gartenboden Inhalt, wurden 28,906 g und in einem ähnlichen, Nro. 357*), 28,055 g

*) Vgl. II. Abschn., 4. Kap. Verhalten der Wurzeln in hohen Kulturgefäßen S. 219.

Trockensubstanz in den geernteten Gerstenkörnern gewonnen. Die Samenernte betrug also im Durchschnitte beider Gefäße 28,480 g trocken oder 33,116 g lufttrocken.

Berechnet man diese Erträge von der kleinen Oberfläche der Kulturgefäße auf die Fläche eines Hektars oder Morgens, so würden dieselben entsprechen einer Ernte von

im ersten Falle 6 581 kg und
 „ zweiten „ 21 525 „ pro Hektar,

oder, wie dies der Anschauung immer noch geläufiger ist, von

im ersten Falle $52\frac{1}{3}$ Scheffel à 64 Pfund pro preufs. Morgen und
 „ zweiten „ $168\frac{2}{3}$ „ à 64 „ „ „ „

Wenn Referent diese Erträge im Kreise praktischer Landwirte bisweilen erwähnte, lediglich und einzig, um dadurch zu beweisen, daß die Vegetation in den Kulturgefäßen als eine durchaus normale und befriedigende zu betrachten sei, so begegnete er nicht selten einem ungläubigen hem, hem und einem Schütteln des Kopfes secundum ordinem.

Nun sehe man die auf Seite 404 stehenden Skizzen an und schätze oder berechne, wie viel mehr direktes und diffuses Licht vier einzeln und frei in einem Kulturgefäße stehende Pflanzen erhalten, als vier auf freiem Felde in geschlossenem Bestande wachsende; man erwäge dazu, daß den ersteren in unseren Versuchen an Stoff (Nährmitteln und Wasser) stets soviel gewährt wurde, als sie mit Hilfe der ihnen zufließenden Kraft (Licht) nur immer verarbeiten konnten oder wollten, und das Auffallende der hohen Erträge wird sofort verschwinden.

Der mögliche Maximalertrag von der kleinen Fläche eines Kulturgefäßes kann nicht einfach proportional geschätzt werden, sondern muß naturgemäß ein ganz anderer und zwar viel höherer sein, als der von einer großen Feldfläche, und der Grund dafür liegt klar vor Augen.

Ferner: So wie sich die ungleichen Lichtverhältnisse im kleinen Versuche einerseits und im großen Wirtschaftsbetriebe andererseits durch die Quantität der Ernte ausprägen, so finden sie auch einen nicht minder leicht erklärlichen Ausdruck in der Qualität derselben.

In unseren Ernährungsversuchen ernteten wir von normal gefütterten und gut entwickelten Gerstpflanzen in der Regel ein gleiches

Gewicht Trockensubstanz von Stroh und Körnern. Das Verhältnis der verschiedenen oberirdischen Teile schwankte meistens

zwischen	44	und	48	Proz.	Körner,
"	44	"	48	"	Stroh,
"	6	"	8	"	Spreu (Ährenspindel + Grannen),

nicht selten ging das Körnergewicht bis zu 50 Proz. der Gesamternte hinauf und stieg selbst über diese Ziffer hinaus.

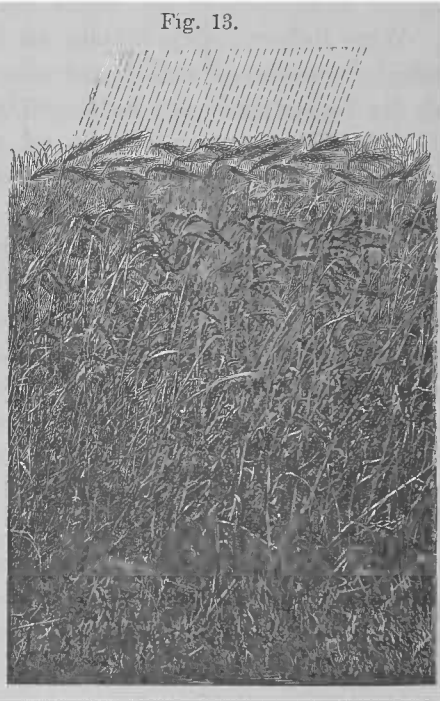
In der Praxis wird das Verhältnis der Körner zum Stroh in der Regel wie 2 : 3, höchstens wohl wie 5 : 6 angenommen.

Nun geht im praktischen Betriebe allerdings ein nicht unbedeutlicher Teil der Körner verloren; eine Anzahl wird von Nagern

Fig. 12.



Fig. 13.



und Vögeln vor der Ernte aufgezehrt; beim Mähen, Binden, Wenden etc. werden Körner ausgeschlagen; ein gewisser Prozentsatz bleibt auch bei sorgfältigem Dreschen im Stroh sitzen und die geringen durch die Reinigungsmaschinen entfernten Samen werden in der Regel nicht mit in die Körnerernte eingerechnet, während von unseren Versuchen natürlich kein Korn verloren ging.

Aber diesen Verlusten an Körnern stehen in der Praxis eben solche am Stroh gegenüber, die, wie uns dünkt, gleich groß, oder eher wohl noch größer sind als jene. Zunächst bleibt ein nicht unbedeutender und zwar gerade der stärkste Teil des Halmes als Stoppel auf dem Felde stehen, während wir unsere Versuchspflanzen bei der Ernte stets unmittelbar über der Bodenoberfläche abschnitten; sodann gehen bei den Erntemanipulationen in der Praxis auch noch die Mehrzahl der Blätter unrettbar verloren, während wir in unseren Versuchen jedes Blättchen, selbst wenn es schon halb verrottet schien, sorgfältigst sammelten.

Alles in allem genommen ist es wohl nicht zweifelhaft, daß wir von unseren besternährten Versuchspflanzen immer verhältnismäßig mehr Körner und weniger Stroh ernteten, als man unter gewöhnlichen Verhältnissen von den Feldpflanzen gewinnt.

Gleicherweise läßt sich behaupten, daß die von unseren normal gewachsenen Versuchspflanzen geernteten Körner in der Regel größer und schwerer waren, als die im gewöhnlichen praktischen Betriebe gewonnenen. Man wird sich leicht von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen, wenn man die von uns bei Beschreibung der einzelnen Versuchsergebnisse immer mitgegebenen durchschnittlichen Milligrammgewichte der Körner näher ins Auge fassen und dabei erwägen will, daß sich diese Zahlen nur auf vollkommen trockne Substanz beziehen, und daß wir in diese Durchschnittsrechnung jedes, auch das winzigste und ärmlichste Körnchen mit hineinzogen, während in der Praxis die von der Reinigungsmaschine entfernten flachen und leichten Samen bei einer etwaigen Bestimmung des durchschnittlichen Gewichtes der einzelnen Körner nicht mit in Berücksichtigung kommen.

Beide Beobachtungen erklärt wiederum ein einziger Blick auf die obigen Skizzen ganz genügend. Unsere Versuchspflanzen hatten in allen Lebensperioden fast den ganzen Vollgenuß des von dem Himmel gespendeten direkten Sonnenlichtes. Die Feldpflanzen dagegen sind immer bis zu einem gewissen Grade Schattenpflanzen. Mit Ausnahme der ersten Jugendzeit, wo sie das Land noch nicht schließen, und der letzten Lebensperiode, in welcher sie sich durch Absterben der Blätter wieder lichter stellen, beschattet und benachteiligt damit eine die andere. Die Pflanzen im kleinen Kulturgefäße stehen zu den Landpflanzen in Bezug auf das Licht ungefähr in dem-

selben Verhältnisse, wie ein paar vereinzelt im freien Felde stehende Kiefern zu den im geschlossenen Bestande wachsenden Schwesterbäumen. Wie sehr aber unter diesen Verhältnissen das Wachstum der Laubteile relativ begünstigt und die Samenentwicklung gehemmt werden kann, das lehren hunderte von Beispielen aus der praktischen Erfahrung allerwärts und täglich.

Und sowie uns die vorstehenden Versuche brauchbare Anhaltspunkte liefern für die richtige Beurteilung der Vegetation in kleinen Gefäßen, so vermögen sie, wie uns dünkt, auch einige immerhin schon beachtenswerte Winke für den praktischen Ackerbau zu geben. Bei der Entscheidung einer nicht geringen Zahl von Fragen — wir nennen andeutungsweise nur die Fragen über die zweckmäßigste Dichte der Aussaat, über Gemengesaaten, über die für verschiedene Pflanzengattungen richtigste Drillweite etc. etc. — wird die Menge des auf eine gegebene Feldfläche fallenden Lichtes und die beste Ausnutzung derselben den ersten und wichtigsten Faktor bilden, den man zu beachten hat. Wir widerstehen der Versuchung, hier auch auf diese Verhältnisse näher einzugehen, und überlassen dies dem Nachdenken der praktischen Landwirte, die sich für die Sache interessieren.

Achtes Kapitel.

Beziehungen der während der Vegetationszeit herrschenden Temperatur zu dem Ertrage.

Übt, wie wir in den ersten Kapiteln dieses Abschnittes gesehen haben, die Bodentemperatur auf die Energie des Keimens und die Entwicklung der Wurzel einen sehr beachtenswerten Einfluß aus, so ist zweifellos die Einwirkung der Lufttemperatur auf das Wachstum der oberirdischen Teile und damit des Gesamtorganismus der Pflanze noch weit mächtiger.

Die Wechsel in der Wärme der Luft erfolgen außerdem viel rascher, greller, unvermittelter, als in der des Bodens, und die Differenzen der mittleren Wärme in verschiedenen Jahreszeiten wie in

verschiedenen Jahrgängen machen sich in der Luft bei weitem stärker geltend als im Boden.

Dazu kommt noch, dafs man bei der Pflanzenkultur in kleinen Gefäfsen den Boden gegen extreme Temperaturveränderungen recht wohl schützen kann, nicht aber die Luft; ja dafs es, falls es wünschenswert würde, angänglich wäre, die Bodentemperatur willkürlich zu regulieren und auf bestimmten Grenzen festzuhalten, während eine ähnliche Behandlung der Lufttemperatur unbesiegbaren Schwierigkeiten begegnen würde.

Der experimentierende Agrikulturchemiker bleibt demnach von dem Gange der Wärmeintensität, wie ihn der Himmel zufällig schickt, zwar weniger abhängig, als der praktische Landwirt, kann sich aber den Einflüssen dieses Agens auch nicht gänzlich entziehen. Auch er wird deshalb es nicht zu erzwingen vermögen, in jedem Jahre — mag er alle übrigen Vegetationsbedingungen so sorgfältig ausgleichen wie er will und kann — genau die gleiche Ernte zu machen.

Hieraus aber resultiert die Notwendigkeit, dafs, wenn man anders bei der Sandkultur seine Resultate im allgemeinen richtig beurteilen, und wenn man speziell die Resultate verschiedener Jahre miteinander vergleichen will, man den Wert dieses wichtigen Faktors, den man nicht zu beherrschen vermag, wenigstens so gut als irgend angänglich kennen zu lernen versuchen mufs. Leider sind die Hilfsmittel, welche hierfür zur Verfügung stehen, in hohem Grade unvollkommen.

Um ein absolut richtiges Urteil über den Einflufs der Wärme auf die Ernte in verschiedenen Jahrgängen zu gewinnen, würde es offenbar nötig sein, die Intensität derselben nicht nur periodisch an einigen bestimmten Tagesstunden, sondern fortlaufend zu bestimmen und zu notieren. Ein gutes selbstregistrierendes Thermometer wäre für den Agrikulturchemiker noch vielmal mehr wünschenswert, als für den Meteorologen. Ein wirklich brauchbares Instrument dieser Art aber existierte zu der Zeit, in welche unsere Versuchsarbeiten fielen, noch nicht, und so war es für uns nur die Frage, was mit den verfügbaren Mitteln etwa zu erreichen war, — wie weit also etwa z. B. sich erkennbare Beziehungen zwischen den wechselnden Jahreserträgen unserer Versuchspflanzen und der auf gewöhnliche Weise gefundenen mittleren Tageswärme konstatieren liefsen.

Was wir damit erlangten, möge man aus folgendem Beispiele schliessen.

Wir geben zunächst die Temperaturen, die wir bei einer dreimaligen Tagesbeobachtung in den sechs Jahren 1865 bis 1870 während der Vegetationszeit der kleinen Gerste an einem im Schatten aufgehängten guten Greinerschen Normalthermometer notierten, und lassen dann die von unseren Versuchspflanzen geernteten Erträge folgen.

Als Luftwärme wurde gefunden:

Im Jahre 1865:			
	7 a. m.	2 p. m.	9 p. m.
	° R.	° R.	° R.
7. Juni	8,8	14,8	9,2
8. "	9,4	16,6	13,4
9. "	9,5	14,6	10,2
10. "	9,4	14,0	8,4
11. "	9,3	13,1	7,2
12. "	8,2	8,6	6,2
13. "	7,8	8,6	7,5
14. "	8,3	14,4	7,3
15. "	9,5	13,7	9,4
16. "	10,8	15,7	9,9
17. "	13,0	14,6	9,0
18. "	8,0	12,3	6,8
19. "	11,3	17,5	12,6
20. "	9,8	18,4	13,2
21. "	10,2	16,5	11,6
22. "	14,8	18,9	10,4
23. "	14,0	19,0	12,4
24. "	13,4	19,6	12,2
25. "	9,6	13,0	10,3
26. "	9,4	12,0	8,4
27. "	7,8	12,7	9,0
28. "	9,0	12,3	9,6
29. "	8,7	16,2	10,3
30. "	9,1	17,2	10,9
1. Juli	11,3	17,1	11,1
2. "	9,6	12,0	11,4
3. "	10,2	12,8	12,0
4. "	10,1	17,1	15,1
5. "	13,2	20,2	16,0
6. "	16,1	21,2	15,3
7. "	15,9	25,2	17,2
8. "	18,5	23,5	17,3
9. "	16,7	21,3	15,3
10. "	12,6	14,0	13,1
11. "	11,0	16,7	13,2
12. "	13,2	14,1	10,3

	7 a. m. ° R.	2 p. m. ° R.	9 p. m. ° R.
13. Juli	10,4	15,2	11,4
14. "	12,1	20,7	14,7
15. "	15,2	24,3	16,9
16. "	16,5	25,8	17,2
17. "	17,4	25,8	18,7
18. "	18,0	25,8	19,2
19. "	19,0	26,8	20,6
20. "	19,8	29,2	21,7
21. "	20,0	27,6	21,2
22. "	19,0	22,6	18,9
23. "	15,2	20,0	15,4
24. "	17,6	22,3	17,3
25. "	18,0	24,0	16,2
26. "	17,4	23,8	18,5
27. "	16,7	24,7	17,8
28. "	18,3	22,3	15,2
29. "	13,2	18,9	14,2
30. "	15,2	21,0	13,4
31. "	12,7	17,6	13,2
1. August	15,1	20,0	12,7
2. "	11,8	17,6	13,1
3. "	14,0	18,0	12,6
4. "	10,6	15,4	11,6
5. "	9,6	13,8	11,8
6. "	10,6	13,6	12,0
7. "	9,8	18,0	13,2
8. "	12,2	18,3	14,4
9. "	12,0	16,4	11,6
10. "	10,8	20,0	13,6
11. "	13,1	24,3	16,2
12. "	16,2	23,4	18,6
13. "	16,8	24,4	15,5
14. "	14,2	15,3	14,0
15. "	13,5	18,9	15,3
16. "	14,0	20,8	14,8
17. "	13,9	16,2	12,0

-
- Hieraus berechnet sich als Durchschnitt der mittleren Tagestemperatur:
- Für die erste Hälfte der Vegetationszeit vom 7. Juni bis 12. Juli (36 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 12, 8° R.
Berechnetes Tagesmittel + 12,30° R.
 - Für die zweite Hälfte der Vegetationszeit vom 13. Juli bis 17. August (36 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 17,01° R.
Berechnetes Tagesmittel + 16,60° R.
 - Für die ganze Vegetationszeit vom 7. Juni bis 17. August (in Sa. 72 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 14,85° R.
Berechnetes Tagesmittel + 14,48° R.

Im Jahre 1866:

	7 a. m. °R.	2 p. m. °R.	10 p. m. °R.
8. Juni	14,6	19,3	12,0
9. "	14,1	21,8	13,9
10. "	15,6	21,8	13,6
11. "	13,7	19,0	13,6
12. "	15,5	21,5	13,5
13. "	13,3	17,1	12,8
14. "	10,9	16,9	12,1
15. "	13,0	?	?
16. "	13,0	13,9	9,3
17. "	12,3	10,6	7,2
18. "	7,8	15,0	8,6
19. "	11,0	17,9	13,1
20. "	13,4	16,0	9,3
21. "	9,4	17,6	11,8
22. "	12,2	21,4	17,0
23. "	14,7	18,0	12,5
24. "	14,2	18,6	13,8
25. "	13,9	19,7	14,2
26. "	14,7	21,8	15,0
27. "	17,3	22,2	15,4
28. "	17,7	16,2	14,9
29. "	16,7	25,0	15,1
30. "	15,7	21,9	15,5
1. Juli	17,0	21,2	15,4
2. "	12,7	15,4	11,9
3. "	12,6	15,4	10,6
4. "	12,5	17,0	12,0
5. "	11,9	17,8	13,2
6. "	12,4	16,2	11,2
7. "	13,0	15,9	9,6
8. "	10,7	10,4	9,4
9. "	11,6	16,3	12,4
10. "	13,0	18,2	12,6
11. "	12,1	16,8	11,8
12. "	13,3	18,0	15,7
13. "	13,2	21,0	14,9
14. "	14,9	22,5	16,3
15. "	16,2	22,6	14,4
16. "	16,2	20,0	13,9
17. "	15,1	18,6	13,9
18. "	13,4	17,2	10,2
19. "	11,8	15,2	11,3
20. "	10,3	12,4	10,2

	7 a. m. °R.	2 p. m. °R.	10 p. m. °R.
21. Juli	11,6	12,4	10,1
22. "	12,5	15,9	12,6
23. "	11,1	14,9	10,6
24. "	11,3	15,4	11,5
25. "	11,7	13,8	11,3
26. "	11,0	13,0	10,1
27. "	11,7	12,7	12,8
28. "	10,1	14,5	10,5
29. "	12,1	18,2	11,5
30. "	13,0	14,1	10,4
31. "	10,9	15,5	10,9
1. August	10,0	13,0	10,9
2. "	12,0	16,4	8,6
3. "	12,0	16,8	12,0
4. "	12,8	15,7	13,3
5. "	10,7	16,2	11,0
6. "	9,1	13,8	13,6
7. "	11,4	17,1	13,3
8. "	12,2	18,0	13,2
9. "	12,2	18,2	13,1
10. "	11,8	17,0	11,8
11. "	9,6	9,0	8,9
12. "	9,7	13,4	8,6
13. "	9,4	15,2	10,1
14. "	9,4	12,6	11,9
15. "	12,9	15,1	12,4
16. "	11,8	16,4	12,4
17. "	13,0	15,6	11,8
18. "	9,9	14,8	10,4
19. "	9,0	16,0	9,6
20. "	10,0	15,2	10,9
21. "	11,8	19,4	12,9
22. "	13,0	18,5	11,1
23. "	13,2	19,5	13,6
24. "	12,3	20,2	13,3

Durchschnitt der mittleren Tagestemperatur :

- a. Für die erste Hälfte der Vegetationszeit vom 8. Juni bis 16. Juli (39 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen $14,87^{\circ}$ R.
Berechnetes Tagesmittel $+ 14,46^{\circ}$ R.
- b. Für die zweite Hälfte der Vegetationszeit vom 17. Juli bis 24. August (30 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen $12,80^{\circ}$ R.
Berechnetes Tagesmittel $+ 12,39^{\circ}$ R.
- c. Für die ganze Vegetationszeit vom 8. Juni bis 24. August (in Sa. 78 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen $13,83^{\circ}$ R.
Berechnetes Tagesmittel $+ 13,43^{\circ}$ R.

Im Jahre 1867:

	7 a. m. °R.	2 p. m. °R.	10 p. m. °R.
5. Juni	12,2	17,0	12,2
6. "	13,1	20,3	13,9
7. "	13,6	18,6	13,8
8. "	13,4	13,8	7,0
9. "	9,8	9,7	9,1
10. "	9,8	13,5	11,2
11. "	11,4	14,9	8,6
12. "	9,9	16,6	11,1
13. "	15,0	13,0	9,9
14. "	10,6	13,7	10,7
15. "	8,4	11,0	7,9
16. "	9,0	12,0	7,6
17. "	8,3	12,6	8,4
18. "	8,3	11,4	7,6
19. "	9,5	11,5	9,0
20. "	9,5	16,1	10,1
21. "	12,6	18,9	11,0
22. "	12,8	18,6	13,5
23. "	15,3	19,0	13,2
24. "	14,0	21,6	15,4
25. "	17,6	22,8	16,2
26. "	14,2	18,4	14,6
27. "	13,9	19,0	10,4
28. "	14,0	19,0	10,6
29. "	8,8	13,8	11,0
30. "	12,8	18,0	12,9
1. Juli	12,8	18,7	13,4
2. "	13,4	20,8	15,0
3. "	14,0	17,2	12,8
4. "	11,0	15,2	11,1
5. "	15,2	16,3	11,9
6. "	11,1	13,7	11,6
7. "	10,8	11,6	8,6
8. "	8,6	11,4	8,0
9. "	9,4	13,8	10,7
10. "	9,1	10,6	9,1
11. "	10,2	14,6	11,4
12. "	12,2	17,6	12,2
13. "	13,3	19,3	13,0
14. "	16,1	18,7	11,8
15. "	13,2	18,2	12,5
16. "	10,6	16,3	11,3

	7 a. m. °R.	2 p. m. °R.	10 p. m. °R.
17. Juli	12,1	11,5	11,8
18. "	12,9	15,3	12,5
19. "	12,3	12,1	11,4
20. "	12,1	12,5	9,4
21. "	12,2	16,6	14,6
22. "	16,2	22,2	15,4
23. "	17,4	21,8	14,2
24. "	15,4	16,5	12,9
25. "	13,4	20,0	13,0
26. "	12,5	20,0	12,8
27. "	13,8	17,1	11,7
28. "	11,8	13,6	9,4
29. "	10,1	10,6	9,6
30. "	9,0	11,0	9,4
31. "	10,2	12,2	9,9
1. August	11,0	13,4	10,0
2. "	10,1	16,1	11,0
3. "	10,6	13,3	10,9
4. "	11,2	11,3	10,9
5. "	11,1	13,1	8,3
6. "	11,1	15,9	10,1
7. "	11,2	15,4	10,5

Durchschnitt der mittleren Tagestemperatur :

- a. Für die erste Hälfte der Vegetationszeit vom 5. Juni bis 16. Juli (42 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 13,00° R.
Berechnetes Tagesmittel + 12,59° R.
- b. Für die Zeit vom 17. Juli bis 7. August (22 Tage)*).
Mittel aus den drei Beobachtungen 12,90° R.
Berechnetes Tagesmittel + 12,57° R.

Im Jahre 1868:

	7 a. m. °R.	2 p. m. °R.	10 p. m. °R.
9. Mai	7,8	17,7	9,4
10. "	12,4	21,0	13,8
11. "	12,4	21,4	11,7
12. "	12,9	19,9	11,6
13. "	10,1	17,9	9,6
14. "	10,4	19,6	10,9
15. "	12,4	19,0	9,8
16. "	13,5	22,6	12,0
17. "	15,0	21,0	12,8

*) Am 8. August wurden die Beobachtungen durch Verunglücken des Thermometers unterbrochen.

Wärme und Licht.

	7 a. m. °R.	2 p. m. °R.	10 p. m. °R.
18. Mai	12,2	19,0	12,3
19. "	9,9	19,4	9,4
20. "	10,4	20,6	11,3
21. "	15,1	23,4	12,4
22. "	12,6	15,8	12,2
23. "	12,6	19,2	12,8
24. "	14,6	17,3	15,3
25. "	16,6	23,2	14,4
26. "	16,2	21,6	16,6
27. "	16,8	23,1	16,4
28. "	13,8	18,9	13,2
29. "	13,8	20,3	12,0
30. "	13,9	25,1	17,4
31. "	15,6	20,8	14,6
1. Juni	13,6	13,9	13,2
2. "	13,3	18,7	13,9
3. "	13,9	20,6	13,4
4. "	13,3	12,2	9,3
5. "	10,3	15,5	11,9
6. "	13,5	18,9	13,6
7. "	14,0	20,2	12,6
8. "	9,0	13,3	9,4
9. "	9,4	13,2	7,8
10. "	11,5	16,9	12,7
11. "	9,5	12,7	10,5
12. "	9,8	14,5	11,1
13. "	11,8	17,3	10,9
14. "	14,2	19,4	12,9
15. "	15,4	21,8	13,7
16. "	17,5	21,3	13,2
17. "	15,2	21,1	14,7
18. "	14,6	17,2	10,0
19. "	12,6	18,2	11,7
20. "	15,8	21,4	12,8
21. "	14,8	24,0	15,7
22. "	17,8	26,0	18,0
23. "	15,5	23,4	16,8
24. "	17,1	20,5	15,3
25. "	16,4	21,1	17,0
26. "	14,4	19,0	13,0
27. "	12,0	14,6	10,8
28. "	11,7	16,7	11,2
29. "	11,5	18,6	12,4
30. "	10,7	12,6	10,2
1. Juli	10,8	12,0	9,6
2. "	11,2	15,2	9,9

	7 a. m. ° R.	2 p. m. ° R.	10 p. m. ° R.
3. Juli	12,0	14,2	10,6
4. "	12,5	18,4	11,4
5. "	11,7	13,4	10,6
6. "	10,8	13,0	11,4
7. "	11,0	12,6	10,2
8. "	12,2	15,7	12,5
9. "	13,8	19,4	14,4
10. "	14,0	22,4	15,4
11. "	15,8	23,0	13,6
12. "	13,1	20,3	14,9
13. "	15,0	21,6	14,6
14. "	14,2	22,1	15,7
15. "	13,3	22,0	13,0
16. "	14,2	22,2	13,8
17. "	14,6	23,4	14,2
18. "	16,3	25,6	16,4
19. "	17,2	23,4	15,7
20. "	15,0	18,7	14,1
21. "	14,4	24,6	17,9
22. "	16,8	23,7	17,1
23. "	18,9	28,0	18,2

Durchschnitt der mittleren Tagestemperatur:

- Für die erste Hälfte der Vegetationszeit vom 9. Mai bis 15. Juni (38 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 14,73° R.
Berechnetes Tagesmittel \pm 14,29° R.
- Für die zweite Hälfte der Vegetationszeit vom 16. Juni bis 23. Juli (38 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 15,83° R.
Berechnetes Tagesmittel \pm 15,44° R.
- Für die ganze Vegetationszeit vom 9. Mai bis 23. Juli (in Sa. 76 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 15,27° R.
Berechnetes Tagesmittel \pm 14,87° R.

Im Jahre 1869:

	7 a. m. ° R.	2 p. m. ° R.	10 p. m. ° R.
10. Mai	9,5	17,9	12,1
11. "	12,2	16,1	11,9
12. "	11,4	17,3	11,4
13. "	10,6	12,6	8,6
14. "	6,7	13,4	6,7
15. "	6,9	14,2	8,6
16. "	7,7	15,5	7,8
17. "	12,5	18,6	12,3
18. "	11,8	17,8	11,2

	7 a. m. °R.	2 p. m. °R.	10 p. m. °R.
19. Mai	14,6	15,0	9,9
20. "	10,8	14,2	8,6
21. "	9,0	16,0	11,6
22. "	11,6	12,9	8,6
23. "	8,9	12,4	7,4
24. "	9,8	15,2	10,4
25. "	9,9	17,0	12,2
26. "	12,6	19,7	13,5
27. "	13,5	17,4	11,2
28. "	13,4	20,0	16,0
29. "	15,3	22,2	12,0
30. "	10,6	13,4	9,1
31. "	8,3	10,7	8,9
1. Juni	6,4	11,0	6,4
2. "	7,2	11,4	8,0
3. "	8,0	16,4	9,8
4. "	11,1	16,7	12,2
5. "	10,5	15,8	12,2
6. "	12,4	19,1	13,3
7. "	14,3	20,1	15,0
8. "	15,0	21,4	12,1
9. "	8,0	11,6	9,5
10. "	6,9	10,8	6,6
11. "	7,4	11,6	8,8
12. "	8,6	11,0	6,3
13. "	11,3	19,6	13,2
14. "	15,0	21,3	14,6
15. "	13,0	9,5	9,0
16. "	10,6	14,2	9,4
17. "	8,2	10,6	7,3
18. "	8,6	9,7	8,6
19. "	10,2	14,3	9,4
20. "	9,6	11,6	8,8
21. "	9,4	13,4	10,6
22. "	12,0	13,4	10,2
23. "	9,4	10,9	9,0
24. "	8,5	9,9	9,3
25. "	8,3	11,6	9,3
26. "	9,3	15,2	10,6
27. "	10,2	15,7	12,7
28. "	8,7	13,6	9,6
29. "	10,4	14,2	9,5
30. "	11,3	17,3	12,5
1. Juli	13,1	19,4	13,0
2. "	13,7	21,0	15,1
3. "	14,6	21,4	14,4

	7 a. m. ° R.	2 p. m. ° R.	10 p. m. ° R.
4. Juli	11,9	18,8	12,9
5. "	11,6	20,4	13,5
6. "	15,6	23,0	15,7
7. "	15,9	19,2	13,6
8. "	14,0	18,5	13,9
9. "	13,7	22,2	17,2
10. "	13,7	17,9	10,9
11. "	12,7	16,8	10,7
12. "	13,3	18,8	11,8
13. "	13,0	23,4	15,6
14. "	10,2	18,5	10,2
15. "	9,6	16,0	11,2
16. "	9,8	15,3	11,9
17. "	9,5	13,5	9,3
18. "	9,8	17,5	11,5
19. "	12,3	19,2	13,0
20. "	12,8	19,7	12,0
21. "	9,6	17,1	9,8
22. "	11,5	19,8	12,0
23. "	13,0	22,4	14,5
24. "	14,2	24,6	15,8

Durchschnitt der mittleren Tagestemperatur:

- a. Für die erste Hälfte der Vegetationszeit vom 10. Mai bis 16. Juni (38 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 12,20° R.
Berechnetes Tagesmittel + 11,76° R.
- b. Für die zweite Hälfte der Vegetationszeit vom 17. Juni bis 24. Juli (38 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 13,40° R.
Berechnetes Tagesmittel + 13,01° R.
- c. Für die ganze Vegetationszeit vom 10. Mai bis 24. Juli (in Sa. 76 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 12,80° R.
Berechnetes Tagesmittel + 12,39° R.

Im Jahre 1870:

	7 a. m. ° R.	2 p. m. ° R.	10 p. m. ° R.
6. Mai	5,7	8,7	5,6
7. "	4,9	9,6	5,9
8. "	6,6	10,4	5,7
9. "	7,3	14,5	7,2
10. "	7,0	18,4	11,0
11. "	10,1	13,6	9,4
12. "	10,9	19,5	13,3
13. "	11,4	17,4	11,2
14. "	12,5	16,8	11,3

	7 a. m. ° R.	2 p. m. ° R.	10 p. m. ° R.
15. Mai	10,7	15,8	9,7
16. "	14,5	22,7	13,9
17. "	13,6	14,5	9,3
18. "	12,1	17,4	10,5
19. "	12,6	20,8	14,2
20. "	13,7	22,8	15,8
21. "	13,8	21,5	13,8
22. "	13,2	21,7	15,6
23. "	11,6	11,6	7,0
24. "	8,8	14,0	7,8
25. "	8,2	13,4	7,4
26. "	6,4	8,9	7,0
27. "	5,4	11,5	7,7
28. "	6,8	12,2	7,2
29. "	8,5	15,8	8,0
30. "	10,7	17,1	10,1
31. "	10,0	19,8	11,1
1. Juni	11,2	11,8	10,4
2. "	8,4	12,5	8,9
3. "	9,3	10,4	8,5
4. "	9,4	14,8	9,1
5. "	8,1	12,3	8,5
6. "	8,4	13,9	12,0
7. "	12,3	18,3	11,6
8. "	12,4	16,4	12,3
9. "	11,3	16,4	11,8
10. "	9,1	13,7	9,6
11. "	9,7	13,8	12,8
12. "	9,2	13,1	9,1
13. "	10,4	14,9	13,7
14. "	14,6	20,0	15,4
15. "	13,3	21,2	15,3
16. "	16,4	25,5	16,8
17. "	17,6	25,0	17,6
18. "	14,8	20,0	15,6
19. "	15,0	19,2	14,4
20. "	13,2	18,8	15,4
21. "	10,8	16,4	10,4
22. "	9,7	16,5	11,7
23. "	13,0	20,4	14,4
24. "	13,2	14,2	10,2
25. "	8,6	12,2	8,3
26. "	9,3	11,7	8,8
27. "	9,6	13,9	10,5
28. "	9,3	12,6	8,9
29. "	10,3	13,0	9,7

	7 a. m. ° R.	2 p. m. ° R.	10 p. m. ° R.
30. Juni	10,2	13,8	11,3
1. Juli	10,8	15,8	10,2
2. "	10,0	14,9	8,0
3. "	8,8	11,6	8,8
4. "	9,2	13,7	9,6
5. "	12,4	18,5	15,3
6. "	16,5	22,0	12,8
7. "	12,1	16,0	11,3
8. "	13,9	19,0	12,3
9. "	12,8	20,6	16,5
10. "	16,1	20,3	15,6
11. "	16,3	23,6	17,5
12. "	22,2	25,6	17,7
13. "	14,4	14,9	12,4
14. "	13,1	18,0	11,8
15. "	14,2	20,5	13,9
16. "	14,3	21,9	15,8
17. "	16,0	21,4	15,2
18. "	15,4	19,0	11,3
19. "	13,9	20,0	13,0
20. "	15,0	18,4	12,8

Durchschnitt der mittleren Tagestemperatur:

- a. Für die erste Hälfte der Vegetationszeit vom 6. Mai bis 12. Juni (38 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 11,80° R.
Berechnetes Tagesmittel + 11,36° R.
- b. Für die zweite Hälfte der Vegetationszeit vom 13. Juni bis 20. Juli (38 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 14,67° R.
Berechnetes Tagesmittel + 14,27° R.
- c. Für die ganze Vegetationszeit vom 6. Mai bis 20. Juli (in Sa. 76 Tage).
Mittel aus den drei Beobachtungen 13,23° R.
Berechnetes Tagesmittel + 12,82° R.

Diesen Temperaturbeobachtungen lassen wir sofort und zwar zunächst ohne jeden weiteren Kommentar die Erträge der je zehn besten Nummern von unseren Ernährungsversuchen der kleinen Gerste (*Hordeum vulgare*) aus den betreffenden sechs Jahrgängen folgen und schicken jedesmal eine kurze Notiz über die sonst gewährten Vegetationsbedingungen, soweit dieselben zu keinen unbedingt notwendig ist, voraus.

Im Jahre 1865.

a. Vegetationsbedingungen:

Kulturgefäße	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Höhe} \\ \text{oberer Durchmesser} \\ \text{unterer} \end{array} \right.$	25,5 cm	$\left. \begin{array}{l} \text{Höhe der Sandschicht} \\ \text{darin} \end{array} \right\}$	
		14,5 „		18,5 cm.
		12,5 „		

4000 g gereinigter Quarzsand. Acht Pflanzen pro Kulturgefäß.

Nahrung für jede Nummer verschieden, aber überall die notwendigen Elemente im Überschusse vorhanden und zwar schwankend um folgende als Einheit angenommene Salzmischung:

Saures phosphorsaures Kali . . .	10 mg-Äquivalente
Chlornatrium	5 „
Schwefelsaure Magnesia	5 „
Salpetersaurer Kalk	15 „

Mittlere Anfangskonzentration der Nährstofflösung*): im Maximum 10 prom., im Minimum 7 prom.

Bodenfeuchtigkeit: 60 bis 20 Proz. d. wasserfass. Kraft d. Sandes.

Vegetationsplatz: im Freien, bei Regen oder Sturm im Glashause.

Die Keimpflanzen erschienen über dem Boden in der Zeit vom 4. bis 6. Juni.

Die Grannen der Ähren traten aus den Blattscheiden hervor vom 10. bis 17. Juli.

Die Ernte konnte nach erfolgter voller Reife in den Tagen vom 12. bis 19. August vorgenommen werden.

b. Ernteresultate:

Pro Kulturgefäß wurde produziert an Trockensubstanz			Relatives Verhältnis		
in Körnern	in Stroh u. Spreu	in Sa.	Körner :	Stroh u. Spreu	
mg	mg	mg			
4835	8699	13 534	35,7	64,3	
5663	7858	13 521	41,9	58,1	
5727	7479	13 206	43,4	56,6	
5092	7831	12 923	39,4	60,6	
4913	7994	12 907	38,0	62,0	
4493	8124	12 617	35,6	64,4	
4323	8106	12 429	34,8	65,2	
4436	7841	12 277	36,1	63,9	
4963	7222	12 185	40,7	59,3	
4959	7080	12 039	41,2	58,8	
Durchschnitt	4941	7823	12 764	38,7	61,3

*) Cfr. S. 273.

Pro Kulturgefäß wurde in Sa. gefunden				Ein Korn wog trocken im Durch- schnitt	
die Länge sämtlicher Halme cm	die Zahl der ähren- tragenden Halme	die Anzahl der Ährchen	die Anzahl der Körner		
590	9	318	192	25	
568	8	288	206	27	
580	10	330	209	27	
575	8	297	203	25	
569	8	279	171	29	
556	8	258	161	28	
895	16	402	152	28	
613	11	324	148	30	
555	8	276	193	26	
564	8	240	181	27	
Durchschnitt	607	9	302	182	27

Im Jahre 1866.

a. Vegetationsbedingungen:

Form und Größe der Kulturgefäße, Menge des gereinigten Quarzandes und Aufstellung der Gefäße während der Vegetationszeit ganz wie im Jahre 1865.

Acht Pflanzen pro Kulturgefäß.

Einheit für die Nährstoffmischung:

Phosphorsaures Kali	4 mg-Äquivalente
Chlornatrium	2 "
Schwefelsaure Magnesia	2 "
Salpetersaurer Kalk	20 "
Salpetersaures Kali	4 "

Mittlere Anfangskonzentration der Nährstofflösung: im Maximum 10 prom., im Minimum 7 prom.

Bodenfeuchtigkeit: 60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

Bis zum 7. Juni waren sämtliche Keimpflanzen über dem Boden erschienen.

Die Grannen der jungen Ähren traten in der Zeit vom 3. bis 14. Juli aus den Blattscheiden heraus, die Mehrzahl davon zwischen dem 7. und 11. Juli.

Die Ernte konnte nach eingetretener voller Reife in den Tagen vom 20. bis 29. August erfolgen.

b. Ernteresultate:

Pro Kulturgefäß wurde produziert an Trockensubstanz			Relatives Verhältnis		
in Körnern	in Stroh u. Spreu	in Sa.	Körner :	Stroh u. Spreu	
mg	mg	mg			
10 955	10 988	21 943	49,9	50,1	
9 820	10 599	20 419	48,1	51,9	
10 097	9 327	19 424	52,0	48,0	
9 623	9 182	18 805	51,2	48,8	
8 904	9 397	18 301	48,7	51,3	
8 962	8 916	17 878	50,1	49,9	
9 083	8 693	17 776	51,1	48,9	
9 578	8 195	17 773	53,9	46,1	
8 808	8 854	17 662	49,9	50,1	
8 529	8 764	17 293	49,3	50,7	
Durchschnitt	9 436	9 291	18 727	50,4	49,6

Pro Kulturgefäß wurde in Sa. gefunden				Ein Korn	
die Länge sämtlicher Halme	die Anzahl der ährentragenden Halme	die Anzahl der Ährchen	die Anzahl der Körner	wog trocken im Durchschnitt	
cm				mg	
1080	15	462	302	36	
994	12	381	275	36	
953	12	408	301	33	
1025	14	423	280	34	
956	12	417	280	32	
1003	13	390	286	31	
901	12	423	295	31	
952	12	432	313	31	
861	11	393	261	34	
893	12	345	242	35	
Durchschnitt	962	13	407	284	33

Im Jahre 1867.

a. Vegetationsbedingungen:

Form und Gröfse der Kulturgefäße, Menge des gereinigten Sandes, Aufstellung der Gefäße während der Vegetationszeit wie im Jahre 1865.

Acht Pflanzen pro Kulturgefäß.

Einheit für die Nährstoffmischung:

Phosphorsaures Kali	3,2 mg-Äquivalente
Schwefelsaure Magnesia	2,0 „
Schwefelsaurer Kalk	2,0 „
Eisenchlorid	0,3 „
Salpetersaurer Kalk	20,0 „

Mittlere Anfangskonzentration der Nährstofflösung: im Maximum 7 prom., im Minimum 6 prom.

Bodenfeuchtigkeit: 60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

Die Keimpflänzchen hoben sich am 3. und 4. Juni aus dem Boden.

Die Grannen der Ähren traten in der Zeit vom 5. bis 12. Juli zu Tage.

Die Ernte konnte nach erfolgter voller Reife vom 23. bis 31. August vorgenommen werden.

b. Ernteresultate:

Pro Kulturgefäß wurde produziert an Trockensubstanz			Relatives Verhältnis		
in Körnern	in Stroh u. Spreu	in Sa. mg	Körner :	Stroh u. Spreu	
9 628	9 958	19 586	49,2	50,8	
10 220	9 048	19 268	53,0	47,0	
9 231	9 733	18 964	48,7	51,3	
7 898	10 169	18 067	43,7	56,3	
9 326	8 390	17 716	52,6	47,4	
8 289	8 848	17 137	48,4	51,6	
8 153	8 846	16 999	48,0	52,0	
8 429	8 498	16 927	49,8	50,2	
7 309	9 596	16 905	43,2	56,8	
7 303	9 480	16 783	43,5	56,5	
Durchschnitt	8 579	9 256	17 835	48,0	52,0

Pro Kulturgefäß wurde in Sa. gefunden					Ein Korn wog trocken im Durch- schnitt
die Länge sämtlicher Halme cm	die Zahl der ähren- tragenden Halme	die Anzahl der Ährchen	die Anzahl der Körner		
1037	13	411	269	36	
938	11	351	299	34	
1015	12	399	273	34	
1056	14	423	205	38	
859	11	330	277	34	
928	13	363	248	34	
938	12	378	253	32	
967	13	372	256	33	
977	13	375	210	35	
1033	16	450	226	32	
Durchschnitt	975	13	385	252	34

Im Jahre 1868.

a. Vegetationsbedingungen.

Form und Größe der Kulturgefäße, Menge des gereinigten Sandes und die Aufstellung der Gefäße während der Vegetationszeit wie im Jahre 1865.

Zwölf Pflanzen pro Kulturgefäß.

Einheit für die Nährstoffmischung:

Phosphorsaures Kali	2	mg-Äquivalente
Chlorkalium	1	„
Schwefelsaure Magnesia	1,6	„
Salpetersaurer Kalk	16,0	„

Mittlere Anfangskonzentration der Nährstofflösung: im Maximum 3 prom., im Minimum 2 prom.

Bodenfeuchtigkeit: 80 bis 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

Die Keimpflänzchen traten aus dem Boden heraus am 6. bis 8. Mai.

Die Grannen der Ähren schoben sich aus den Blattscheiden hervor in der Zeit vom 5. bis 12. Juni.

Volle Reife und Ernte in den Tagen vom 17. bis 27. Juli.

b. Ernteresultate:

Pro Kulturgefäß wurde produziert an Trockensubstanz			Relatives Verhältnis		
in Körnern	in Stroh u. Spreu	in Sa.	Körner :	Stroh u. Spreu	
mg	mg	mg			
10 633	10 232	20 865	51,0	49,0	
10 662	10 089	20 751	51,4	48,6	
9 898	9 742	19 640	50,4	49,6	
9 385	10 140	19 525	48,1	51,9	
9 210	10 280	19 490	47,3	52,7	
10 063	9 419	19 482	51,6	48,4	
9 561	9 690	19 251	49,7	50,3	
9 918	8 834	18 752	52,9	47,1	
9 086	9 535	18 621	48,8	51,2	
9 354	9 073	18 427	50,7	49,3	
Durchschnitt	9 777	9 703	19 480	50,2	49,8

Pro Kulturgefäß wurde in Sa. gefunden				Ein Korn wog trocken im Durchschnitt	
die Länge sämtlicher Halme	die Anzahl der ährentragenden Halme	die Anzahl der Ährchen	die Anzahl der Körner	mg	
cm					
1172	14	504	373	29	
1172	15	552	348	31	
932	14	543	332	30	
1155	14	384	327	29	
1041	12	417	317	30	
1001	12	438	337	30	
?	14	396	334	29	
1039	14	498	354	28	
968	11	414	322	28	
1075	14	423	327	29	
Durchschnitt	1062	13	457	337	29

Im Jahre 1869.

a. Vegetationsbedingungen:

Form und Größe der Kulturgefäße, Menge des gereinigten Quarzsandes, Aufstellung der Gefäße während der Vegetationszeit wie im Jahre 1865.

Zwölf Pflanzen pro Kulturgefäß.

Einheit der Nährstoffmischung:

Phosphorsaures Kali	2	mg-Äquivalente
Chlorkalium	1	„
Schwefelsaure Magnesia	1,6	„
Salpetersaurer Kalk	16	„

Mittlere Anfangskonzentration der Nährstofflösung: im Maximum 3 prom., im Minimum 2 prom.

Bodenfeuchtigkeit: 80 bis 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

Die Keimpflanzen hatten am 8. und 9. Mai die Bodenoberfläche durchbrochen.

In den Tagen vom 13. bis 16. Juni traten die Grannenspitzen aus den Blattscheiden hervor.

Die Ernte aller Nummern erfolgte nach eingetretener voller Reife gleichzeitig am 24. Juli.

b. Ernteresultate:

Pro Kulturgefäß wurde produziert an Trockensubstanz			Relatives Verhältnis		
in Körnern	in Stroh u. Spreu	in Sa.	Körner	Stroh u. Spreu	
mg	mg	mg	:		
10 257	16 477	26 734	38,4	61,6	
10 701	15 884	26 585	40,3	59,7	
10 741	15 098	25 839	41,6	58,4	
11 830	13 674	25 504	46,4	53,6	
10 398	14 455	24 853	41,8	58,2	
10 683	14 058	24 741	43,2	56,8	
10 093	13 830	23 923	42,2	57,8	
9 283	13 764	23 047	40,3	59,7	
10 022	13 004	23 026	43,5	56,5	
9 141	13 658	22 799	40,1	59,9	
Durchschnitt	10 315	14 390	24 705	41,8	58,2

Pro Kulturgefäß wurde in Sa. gefunden				Ein Korn	
die Länge	die Anzahl	die	die	wog trocken	
sämtlicher	der ähren-	Anzahl	Anzahl	im Durch-	
Halme	tragenden	der	der	schnitt	
cm	Halme	Ährchen	Körner	mg	
1353	13	414	332	31	
1505	15	497	370	29	
1323	13	427	375	29	
1467	17	560	420	28	
1312	13	448	370	28	
1217	12	464	375	28	
1348	14	443	342	30	
1202	12	411	316	30	
1294	15	492	359	28	
1266	13	426	315	29	
Durchschnitt	1329	14	458	357	29

Im Jahre 1870.

a. Vegetationsbedingungen:

Form und Größe der Kulturgefäße, Menge des gereinigten Quarzsandes, Aufstellung der Gefäße während der Vegetationszeit wie in den vorhergehenden Jahren.

Sieben Pflanzen pro Kulturgefäß.

Einheit der Nährstoffmischung:

Phosphorsaures Kali	2	mg-Äquivalente
Chlorkalium	1	„
Schwefelsaure Magnesia	1,6	„
Salpetersaurer Kalk	16	„

Mittlere Anfangskonzentration der Nährstofflösung: im Maximum 4 prom., im Minimum 1½ prom.

Bodenfeuchtigkeit: 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes (täglich erneuert).

Die Keimpflanzen waren bis zum 5. Mai zum größten Teile aus dem Boden.

Der Eintritt der vollen Reife erlaubte die Ernte in den Tagen vom 18. bis 20. Juli vorzunehmen.

b. Ernteresultate:

Pro Kulturgefäß wurde produ- ziert an Trockensubstanz			Relatives Verhältnis		
in Körnern	in Stroh u. Spreu	in Sa.	Körner :	Stroh u. Spreu	
mg	mg	mg			
12 215	11 537	23 752	51,4	48,6	
12 248	11 195	23 443	52,2	47,8	
12 017	10 858	22 875	52,5	47,5	
9 957	12 806	22 763	43,7	56,3	
11 923	10 660	22 583	52,8	47,2	
10 839	11 460	22 299	48,6	51,4	
12 377	9 632	22 009	56,2	43,8	
10 507	11 253	21 760	48,3	51,7	
11 595	10 081	21 676	53,5	46,5	
10 432	10 019	20 451	51,0	49,0	
Durchschnitt	11 411	10 950	22 361	51,0	49,0

Pro Kulturgefäß wurde in Sa. gefunden				Ein Korn wog trocken im Durch- schnitt	
die Länge sämtlicher Halme	die Anzahl der ähren- tragenden Halme	die Anzahl der Ährchen	die Anzahl der Körner	mg	
cm					
1152	13	440	380	32	
1094	12	408	350	35	
996	11	438	347	35	
1254	13	388	311	32	
1546	18	470	382	31	
1117	13	453	368	29	
1021	11	465	393	32	
1140	13	394	313	34	
1014	11	437	382	30	
1043	11	396	315	33	
Durchschnitt	1138	13	429	354	33

Bevor wir zur Besprechung der Resultate im speziellen übergehen, erscheint es uns noch nötig, näher zu erörtern:

Erstens, ob es erlaubt ist, die Erträge der zehn bestproduzierenden Nummern in den verschiedenen Jahrgängen als Maßstab für das Wachstum unserer Versuchs-

pflanzen im allgemeinen anzusehen, sodann, ob und wie weit wir berechtigt sind, die Unterschiede in den Jahreserträgen dieser je zehn Nummern als lediglich durch die Ungleichheiten der in den sechs Versuchsjahren herrschenden Wärmeintensität zu betrachten.

Bezüglich des ersten Punktes haben wir Folgendes zu erwähnen:

Unsere gesamten Ernährungsversuche ließen sich in jedem Jahre ungezwungen in zwei gröfsere Gruppen teilen. Aufgabe der in der einen Gruppe vereinigten Pflanzen war es zu zeigen, wie viel sie bei dem partiellen oder totalen Mangel irgend eines oder mehrerer Nährstoffe noch zu leisten vermochten; die der anderen zugehörigen Nummern vegetierten mit verschiedentlichst gegebenen Nährstoffüberschüssen.

Da in der ersten Gruppe die Erträge selbstverständlich in erster Linie von der Art und Stärke des Nährstoffmangels abhängig waren, und wir uns der Tendenz der Versuche gemäfs bestrebten, die mangelhaften Nährstoffmischungen in den verschiedenen Versuchsjahren möglichst vielfach zu variieren, so leuchtet ein, dafs die Resultate von den Nummern dieser Gruppe für den vorliegenden Zweck nicht wohl zu brauchen waren.

Wir hätten nun allerdings die sämtlichen Nummern der zweiten Gruppe hier benutzen können, aber wir zogen es vor, lieber eine Auswahl davon herauszunehmen, weil die Zahl der dieser Gruppe zugehörigen Einzelversuche in den sechs Versuchsjahren sehr ungleich war.

Die zehn bestproduzierenden Gefäfsse jeden Jahres dagegen schienen uns zur Untersuchung über die Wirkungen der Wärme vollständig genügend und dabei geeigneter als alle anderen unserer Versuchsnummern. Ihr Ertrag garantierte jedenfalls, dafs sie alle die Wachstumsbedingungen, die wir willkürlich regulieren konnten, in günstigster Weise gefunden und benutzt hatten; daraus aber liefs sich weiter schliesen, dafs bei ihnen auch die Wirkung der beiden Faktoren, die wir nicht vollkommen beherrschten — der Wärme und des Lichtes — am reinsten zum Ausdrucke kam.

Aufserdem aber sind wir im Stande, ausdrücklich hinzuzufügen, dafs die Verschiedenheiten in der Entwicklung, welche die zehn

bestproduzierenden Gefäße in den sechs Versuchsjahren zeigten, in ganz analoger Weise auch bei allen übrigen Nummern zu beobachten waren und zwar nicht bloß bei den mit Nährstoffüberschufs wachsenden, sondern auch bei den Mangelpflanzen.

Als Beweis folge ein einziges beliebig herausgegriffenes Beispiel:

In den drei Jahren 1865, 1868 und 1869 hatten wir unter den zahlreichen Versuchsnummern, welche dazu verurteilt waren, mit einer unzureichenden Menge von Bodenstickstoff zu vegetieren, je ein Gefäß, welches 12 Milligrammäquivalente Stickstoff erhalten hatte.

Die Ernte, die wir von diesen drei Nummern machten, war folgende:

Jahr	Produzierte Trockensubstanz			Relatives Verhältnis	
	in Körnern	Stroh u. Spreu	in Sa.	Körner	Stroh u. Spreu
	mg	mg	mg	:	
1865.	2957	6 161	9 118	32,4	67,6
1868.	7675	8 869	16 544	46,4	53,6
1869.	7408	10 880	18 288	40,5	59,5

Die äussere Entwicklung der Pflanzen:

Jahr	Länge sämtlicher Halme cm	Anzahl der			Ein Korn wog trocken im Durch- schnitt mg
		ähren- tragenden Halme	Ährchen	Körner	
1865.	580	9	234	122	24
1868.	1039	13	357	251	30
1869.	1154	14	371	255	29

Vergleicht man damit die oben angegebenen Durchschnitte der zehn bestproduzierenden Nummern, die sich in diesen Jahren wie folgt stellten:

Jahr	Produzierte Trockensubstanz			Relatives Verhältnis	
	in Körnern	Stroh u. Spreu	in Sa.	Körner	Stroh u. Spreu
	mg	mg	mg	:	
1865.	4 941	7 823	12 764	38,7	61,3
1868.	9 777	9 703	19 480	50,2	49,8
1869.	10 315	14 390	24 705	41,8	58,2

Jahr	Länge sämtlicher Halme cm	Anzahl der			Ein Korn wog trocken im Durch- schnitte mg
		ähren- tragenden Halme	Ährchen	Körner	
1865.	607	9	302	182	27
1868.	1062	13	457	337	29
1869.	1329	14	458	357	29

so ist die behauptete Analogie zwischen den Differenzen der Erträge sowohl wie des äusseren Baues in den drei Versuchsjahren bei den Überschufspflanzen einerseits und den Mangelpflanzen andererseits deutlich genug erkennbar.

Die zweite Frage: ob und wie weit wir berechtigt sind, die Unterschiede in den Jahreserträgen unserer zehn bestproduzierenden Versuchsnummern als lediglich durch die Ungleichheiten der in den sechs Jahren herrschenden Wärmeintensitäten bedingt zu betrachten, wird sich unschwer durch eine Untersuchung der den Pflanzen jedesmal gewährten Vegetationsbedingungen entscheiden lassen, deren spezielle Angabe zu diesem Behufe den Mitteilungen über die Erträge immer vorangestellt ist.

Ein Blick auf diese nun zeigt, dafs in allen sechs Jahren nur Form und Gröfse der Gefäfse, Bodenvolumen, Qualität des Saatgutes und die Aufstellung der Gefäfse während der Vegetationszeit ganz oder nahezu ganz gleich waren, dafs aber die übrigen Vegetationsbedingungen in den ersten drei Versuchsjahren wesentlich andere waren, als in den letzten drei.

In dem zweiten Triennium 1868 bis 1870 erfolgte die Ansaat der Gerste Anfang Mai, war der gewährte Nährstoffüberschufs ein mäfsiger, infolge dessen auch die Konzentration der Nährstofflösung eine geringe, und wurde die Bodenfeuchtigkeit im Mittel auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes (nie unter 40 Proz. sinkend) erhalten. — In diesen drei Versuchsjahren können sämtliche Vegetationsbedingungen mit Ausnahme der Wärme und des Lichtes unbedenklich als unter sich gleich angenommen werden (einzelne kleine Verschiedenheiten, wie die Ungleichheit der pro Kulturgefäfs gegebenen Pflanzenzahl und ähnliche dürfen nach den vorausgegangenen Erörterungen als wirkungslos hier vernachlässigt werden) und waren zugleich die möglichst günstigen. Wesentliche und konstante Diffe-

renzen im Bau und Ertrage der Versuchspflanzen sind hier ohne Zweifel und einzig als Wirkungen der verschiedenen Licht- und Wärmeverhältnisse aufzufassen.

Anders in dem ersten Triennium 1865 bis 1867. Hier erfolgte die Ansaat erst Anfang Juni, waren die gewährten Nährstoffüberschüsse und infolgedessen auch die Konzentration der Nährstofflösung wesentlich höher und wurde die Bodenfeuchtigkeit während der Vegetation der Pflanzen im Mittel nur auf 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes (regelmäßig von 60 Proz. bis zu 20 Proz. herabgehend) erhalten. — Darf man auch in diesem Zeitraume die Vegetationsbedingungen als unter sich gleich annehmen, so kann man sie doch sicher nicht als möglichst günstige bezeichnen. Im folgenden Abschnitte werden wir Gelegenheit finden, speziell zu zeigen, daß eine Bodenfeuchtigkeit von 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes das Wasserbedürfnis der Pflanzen nicht unter allen Umständen genügend zu decken vermochte, und der geringere Durchschnittsertrag des ersten Trienniums im Vergleich zu dem des zweiten spricht hiervon verständlich. Hier machen sich in der Entwicklung der Versuchspflanzen sichtlich noch hemmende Einflüsse geltend, die mit Wärme und Licht in keinem Zusammenhange stehen und von denen in den Versuchsergebnissen der späteren drei Jahre nichts mehr zu spüren ist.

Nach diesen Betrachtungen werden wir bei der nachfolgenden speziellen Untersuchung betreffs der Beziehungen, in welchen der Ertrag und die Gesamtentwicklung unserer Versuchspflanzen zur mittleren Tageswärme standen, die Resultate der beiden Triennien getrennt zu halten und auf die des zweiten den Hauptwert zu legen haben.

Wir bemerken noch, daß es uns hierbei ersprießlich erscheint, die oben eingeführte Scheidung der Vegetationszeit in zwei gleiche Hälften überall festzuhalten. Wie aus der beigegeführten allgemeinen Bemerkung über das Wachstum der Versuchspflanzen hervorgeht, erfolgte bei der kleinen Gerste das Hervortreiben der Ähren in allen Jahren fast genau in der Mitte der Vegetation; mit anderen Worten: bei der kleinen Gerste beanspruchte die Entwicklung der Ernährungsorgane genau die erste Lebenshälfte und die Ausbildung der Fortpflanzungsorgane resp. des Samens die zweite. Diese so ungleichen physiologischen Funktionen aber werden von Licht und Wärme

so ungleich beeinflusst, daß eine gesonderte Betrachtung der beiden Lebensabschnitte ohne Weiteres gerechtfertigt erscheinen wird.

Rekapitulieren wir zunächst der bequemen Übersichtlichkeit halber noch einmal kurz die wichtigsten der oben gewonnenen Zahlen:

Die mittlere Tageswärme betrug:

		in der ersten	in der zweiten	während der ganzen Vegetationszeit
		Hälfte	Hälfte	
		der Vegetationszeit		
		° R.	° R.	° R.
II. Triennium	1870.	11,36	14,27	12,32
	1869.	11,76	13,01	12,39
	1868.	14,29	15,44	14,87
I. Triennium	1867.	12,59	?	?
	1866.	14,46	12,39	13,43
	1865.	12,30	16,60	14,48

Geerntet wurde:

		Pro Kulturgefäß durchschnittlich Trockensubstanz			Relatives Verhältnis	
		in Körnern	Stroh u. Spreu	in Sa.	Körner	Stroh u. Spreu
		mg	mg	mg		
II. Tr.	1870.	11 411	10 950	22 361	51,0	49,0
	1869.	10 315	14 390	24 705	41,8	58,2
	1868.	9 777	9 703	19 480	50,2	49,8
I. Tr.	1867.	8 579	9 256	17 835	48,0	52,0
	1866.	9 436	9 291	18 727	50,4	49,6
	1865.	4 941	7 823	12 764	38,7	61,3

		Pro Kulturgefäß wurde durchschnittlich gefunden				Ein Korn wog trocken im Durch- schnitt
		die Länge sämtlicher Halme	die Anzahl der ähren- tragenden Halme	die Anzahl der Ährchen	die Anzahl der Körner	
		cm				
II. Tr.	1870.	1138	13	429	354	33
	1869.	1329	14	458	357	29
	1868.	1062	13	457	337	29
I. Tr.	1867.	975	13	385	252	34
	1866.	962	13	407	284	33
	1865.	607	9	302	182	27

Und fügen wir gleich weiter hinzu, da offenbar die Maximaltemperatur und die durchschnittliche Mittagswärme von nicht geringerer Bedeutung für das Leben der Gewächse sind, als die mittlere Tagestemperatur, dafs die Mittagswärme (2 Uhr p. m.) betrug im Durchschnitte:

	in der ersten Hälfte	in der zweiten Hälfte	während der ganzen Vegetationszeit
	der Vegetationszeit		
	° R.	° R.	° R.
II. Triennium	1870.	15,2	16,6
	1869.	15,6	16,3
	1868.	19,1	19,3
I. Triennium	1867.	?	?
	1866.	15,9	16,9
	1865.	18,3	18,4

Die höchste beobachtete Mittagstemperatur (2 h. p. m.):

	in der ersten Hälfte	in der zweiten Hälfte	während der ganzen Vegetationszeit
	der Vegetationszeit		
	° R.	° R.	° R.
II. Triennium	1870.	22,8	25,6
	1869.	22,2	24,6
	1868.	25,1	28,0
I. Triennium	1867.	?	?
	1866.	22,8	25,0
	1865.	25,0	29,0

Auf Grund dieser Angaben glauben wir schliessen zu dürfen, dafs in Ermangelung besserer Methoden die gewöhnliche dreimal des Tages wiederholte Beobachtung eines im Schatten hängenden Thermometers ein gar nicht zu verachtendes Hülfsmittel bietet, gewisse Beziehungen der Temperatur zu dem Pflanzenwachstume zu erkennen, und meinen, mit besonderer Rücksicht auf die von uns als Beispiel benutzte Versuchsfrucht, folgende Sätze begründen zu können:

Die kleine vierzeilige Gerste (*Hordeum vulgare*) findet bei übrigens günstigen Vegetationsbedingungen (genügender, oder in mäfsigem Überflusse gegebener Menge von allen

Nährstoffen, richtiger Konzentration der Nahrungslösung und allezeit reichlicher Bodenfeuchtigkeit) die geeignetsten Temperaturverhältnisse dann, wenn sich die mittlere Tageswärme in der ersten Hälfte der Vegetation, d. h. in der Periode der Blatt- und Halmbildung auf zirka 12°R. oder 15° C., in der zweiten Hälfte der Vegetation aber, d. h. in der Periode der Ährenentwicklung und Körnerbildung, auf etwa 14°R. oder 17 bis 18° C., und im Durchschnitte der ganzen Vegetationszeit auf zirka 13°R. oder 16° C. erhält; wenn ferner der Durchschnitt der Mittagswärme sich aus den Grenzen in der ersten Hälfte der Vegetation von 15 bis 16°R., etwa 20° C., in der zweiten Hälfte der Vegetation von 18 bis 19°R. oder 23° C., und während der ganzen Vegetationszeit von 16 bis 17°R., zirka 21° C., nicht wesentlich entfernt.

Temperaturen, welche 20°R. oder 25° C. überschreiten, wirken während der Blattentwicklung, und solche, die über 22°R. oder 28° C. hinausgehen, auch während der Samenbildung merklich schädlich auf die Produktion.

Bei starkem Nährstoffüberflufs, hoher Konzentration der Nährstofflösung und geringer Bodenfeuchtigkeit scheint die Gerste auch bei etwas niedrigeren Wärmegraden noch normal produzieren zu können; hohe Temperaturen aber wirken in diesem Falle noch viel entschiedener ungünstig.

Man betrachte die oben von uns gegebenen Temperaturbeobachtungen einerseits und die mitgetheilten Ernteerträge anderseits etwas genauer.

Im Jahre 1870 kamen die Temperaturverhältnisse den Normen, welche wir als für die kleine Gerste am günstigsten aufstellten, in jeder Beziehung am nächsten.

Die mittlere Tageswärme betrug im Durchschnitte:

während der ersten Hälfte der Vegetation:	11,4° R.,
„ „ zweiten „ „ „	: 14,3° R.,
„ „ ganzen Vegetationszeit	: 12,8° R.

Der Durchschnitt der Mittagswärme:

während der ersten Hälfte der Vegetation:	15,2° R.,
„ „ zweiten „ „ „	: 18,0° R.,
„ „ ganzen Vegetationszeit	: 16,6° R.

In der Periode der Blattentwicklung (6. Mai bis 12. Juni) überstieg die Wärme nur an fünf Tagen die Höhe von 20° R. und erreichte als Maximum an einem Tage 22,8° R. und an einem anderen 22,7° R.

In der Entwicklungsperiode der Fruchtorgane und der Samen (13. Juni bis 20. Juli) wurde nicht mehr als fünfmal ein Thermometerstand beobachtet, der 22° R. erreichte oder übertraf. Als Maximalstände der Mittagstemperaturen wurden einmal 25,6, einmal 25,5 und einmal 25,0° R. beobachtet.

Und die Ernte war die beste, die wir innerhalb der sechs Versuchsjahre machten. Zwar hatte das Jahr 1869 ein noch etwas höhere Erntemasse in Summa gegeben, aber der reiche Ertrag wurde hier besonders durch die große Strohmasse bedingt. Muß man vom Standpunkte des Physiologen nicht minder als von dem des Landwirts aus bei Beurteilung einer Ernte das Hauptgewicht immer auf die Samenproduktion legen, so bleibt demnach dem Jahre 1870 der Preis trotzdem unbestritten; denn dasselbe lieferte neben der gut ausgebildeten Strohernte von 10 950 mg den bei weiten höchsten Körnerertrag von 11 411 mg und zwar durchweg Körner von vorzüglicher Vollkommenheit (33 mg Durchschnittsgewicht pro trocknes Korn).

Im Jahre 1869 waren die Temperaturverhältnisse während der ersten Hälfte der Vegetation in gleicher Weise günstig, wie im Jahre 1870.

Die mittlere Tageswärme stellte sich im Durchschnitte auf 11,8° R. die Mittagstemperatur durchschnittlich auf 15,6° R.

Auch in diesem Jahre erreichte das Thermometer innerhalb dieser Periode nur an fünf Tagen den Stand von 20° R. oder darüber und stieg nur einmal bis auf 22,2° R.

Während der zweiten Hälfte der Vegetation aber blieb die Temperatur bemerkenswert unter der Höhe, die wir oben als die für die Gerste günstigste bezeichnete

(c) Der Durchschnitt der mittleren Tageswärme berechnete sich a

nicht mehr als 13,0° R., der Durchschnitt der Mittagstemperatur auf nur 17,0° R.

Innerhalb der in Summa 38 Tage umfassenden Periode stieg das Thermometer Mittags 2 Uhr nur 8 mal bis auf 20° oder mehr (gegen 15 mal im Jahre 1870).

Die Grenze von 22° R. wurde 5 mal überschritten, aber nur in geringem Grade. Sieht man von dem letzten Tage vor der Ernte (mit 24° R.) ab, so war das Maximum der Mittagstemperatur, welches die Pflanzen in dieser Periode zu tragen hatten, eine kurze Zeit lang 23,4° R.

Die Ernte dieses Jahres charakterisierte sich

a. durch eine reichliche Gesamtproduktion, — die reichlichste, die wir überhaupt in den sechs Versuchsjahren zu verzeichnen hatten,

b. durch eine ungewöhnlich gute Entwicklung des Strohs, — 14 390 mg gegen 10 950 mg im Jahre 1870 und 1329 cm Halmlänge pro Kulturgefäß gegen 1138 cm im Jahre 1870,

c. durch eine mangelhafte Ausbildung der Körner — im Jahre 1869 machte die Körnerernte nur 41,8 Proz. des Gesamtertrages aus gegen 51,0 Proz. im Jahre 1870, — von der Gesamtmenge der angelegten Ährchen blieben im Jahre 1869 22 Proz. unfruchtbar, im Jahre 1870 nur 18 Proz. — Das Trockengewicht der geernteten Samen betrug im Durchschnitte im Jahre 1869 nur 29 mg gegen 33 mg im Jahre 1870.

Der enge Zusammenhang zwischen diesen Ernteresultaten und den Wärmeintensitäten des Jahres 1869, die zweifellos für die Krautbildung während der ganzen Vegetationszeit im höchsten Grade günstig, für die Entwicklung der Samen aber bei der bis zur Reifezeit so reichlich zugemessenen Bodenfeuchtigkeit ungenügend waren, ist unverkennbar.

Das Jahr 1868 war ein aufsergewöhnlich heißes.

In der ersten Hälfte der Vegetationszeit stellte sich der Durchschnitt der mittleren Tageswärme auf nicht weniger als 14,3° R., d. h. um mehr als 2 Grade über den Stand, den wir für die Gerste als günstig annahmen.

Der Durchschnitt der Mittagstemperaturen wurde zu 19,1° R. gefunden, lag also ebenfalls um fast 3 Grade zu hoch.

Der Thermometerstand von 20° R. wurde an nicht weniger als 15 Tagen (von 38) überschritten und in dem letzten Viertel des Mai konzentrierte sich eine zusammenhängende, siebentägige Hitzeperiode, die in Mittagstemperaturen von 18,9° bis 25,1°, im Mittel von 21,9° R. ihren Ausdruck fand.

In der zweiten Hälfte der Vegetationszeit betrug die mittlere Tageswärme durchschnittlich: 15,4° R. und die Mittagstemperaturen im Durchschnitte: 19,8° R.

Den Standpunkt von 20° R. überstieg die Mittagstemperatur während dieser Periode innerhalb 38 Tagen 21 mal (gegen 15 mal im Jahre 1870 und 8 mal im Jahre 1869) und den von 22° R. 14 mal (gegen je 5 mal in den Jahren 1870 und 1869).

Eine kleinere zusammenhängende Hitzeperiode wurde während der sechs Tage vom 20. bis 25. Juni beobachtet — Mittagstemperaturen 20,5° bis 26,0°, im Mittel 22,7° R. — und eine gröfsere in den letzten 14 Tagen vor der Ernte (10. bis 23. Juli) mit Mittagstemperaturen von 18,7° bis 28,0°, im Mittel 22,9° R.

Wie die Ernte des Jahres 1869 deutlich den Einflufs mangelnder Wärme zum Ausdruck brachte, so weist die des Jahres 1868 nicht minder leicht erkennbar auf die schädliche Einwirkung zu hoher Temperaturen hin.

Weder Halm- und Blattorgane noch die Samen hatten den Grad der Ausbildung erreicht wie unter den günstigeren Wärmeverhältnissen des Jahres 1870.

Die Menge des geernteten Strohs betrug trocken nur 9703 mg gegen 10 950 mg im Jahre 1870 und die Halme waren erheblich kürzer geblieben — Länge sämtlicher Halme pro Kulturgefäfs: im Jahre 1869 nur 1062 cm, im Jahre 1870 1138 cm —.

Zwar war das relative Verhältnis der Körner zum Stroh ein entschieden günstiges — 50,2:49,8 —, die Ausbildung der ersteren liefs aber trotzdem zu wünschen übrig, denn das Durchschnittsgewicht eines trocknen Samens betrug nicht mehr, wie in dem wenig günstigen Jahre 1869, d. h. 29 mg — und der gesamte Körnerertrag blieb mit 9777 mg bedeutend hinter dem des Normaljahres 1870 mit 11 411 mg zurück.

Dafs die spätere, zwei volle Wochen andauernde Hitzeperiode nicht eine noch verderblichere Wirkung auf das Wachstum unserer Versuchspflanzen ausübte, ist neben der reichlich verabreichten Boden-

feuchtigkeit wohl hauptsächlich dem Umstande zu verdanken, daß sie in die allerletzten Lebenstage der Gerste fiel, d. h. in eine Zeit, in welcher die Assimilationsthätigkeit der Pflanzen so wie so beendet war.

In den drei Jahren 1868 bis 1870 waren, wie wir oben nachgewiesen hatten, alle wichtigen Vegetationsbedingungen mit alleiniger Ausnahme des Lichtes und der Wärme als gleich zu betrachten. Die Differenzen in den Ernteerträgen der drei Jahre konnten also nur durch die Unterschiede in dem Gange dieser beiden Faktoren bedingt sein. Wir glauben in den vorstehenden Betrachtungen gezeigt zu haben, daß schon die dreimal täglich wiederholte Beobachtung der Lufttemperatur hinreicht, um über die betreffenden Einflüsse recht schätzenswerthe Aufschlüsse zu geben, wenn sie auch, wie wir gern zugeben, nicht genügt, um dieselben in allen ihren Einzelheiten vollkommen klar zu legen.

In dem Triennium 1865 bis 1867 waren die Vegetationsbedingungen laut den oben gegebenen Nachweisungen nicht genau dieselben, wie in dem Triennium 1868 bis 1870. Größere Massen der dem Sande zugesetzten Salze, höhere Konzentration der Nährstofflösung, geringere und wahrscheinlich zeitweise unzureichende Bodenfeuchtigkeit bildeten schwerwiegende Unterschiede. Die Resultate beider Triennien sind also nicht direkt mit einander vergleichbar.

Wenn wir trotzdem die Ergebnisse auch dieser drei Jahre, oder wenigstens — mit Übergehung des wegen der unvollkommenen Temperaturbeobachtungen minder beweiskräftigen Jahres 1867 — der beiden Jahre 1866 und 1865 zu einer weiteren Besprechung heranziehen, so thun wir dies, weil wir der Ansicht sind, daß man in diesen Ergebnissen, wenn man dem eben Gesagten gehörig Rechnung trägt, einerseits eine volle Bestätigung der obigen Sätze finden kann, gleichzeitig aber andererseits nicht uninteressante Andeutungen erhält, daß und wie verschiedene Grade von Bodenfeuchtigkeit resp. Nährstoffüberschuß die Wärmewirkung auf das Pflanzenwachstum und das Wärmebedürfnis der Gewächse zu modifizieren vermögen.

Im Jahre 1866 stellte sich während der ersten Hälfte der Vegetationszeit der Durchschnitt der mittleren Tageswärme auf $14,5^{\circ}$ R., der Durchschnitt der Mittagstemperaturen auf $18,3^{\circ}$ R.

Das Thermometer überschritt Mittags nicht weniger als 13 mal den Standpunkt von 20° R. und erreichte an einem Tage die Höhe von 25,0° R.

Der nächst höchste Thermometerstand war allerdings nicht höher als 22,6° R. und die empfindliche Hitze hielt ohne Unterbrechung niemals länger als drei oder höchstens vier Tage an.

Während der zweiten Hälfte der Vegetationszeit betrug der Durchschnitt der mittleren Tageswärme nur 12,4° R., der Durchschnitt der Mittagstemperaturen nur 15,6° R.

Der Thermometerstand erreicht mit alleiniger Ausnahme des letzten Tages vor der Ernte (wo Mittags 20,2° R. notiert werden konnten) überhaupt niemals die Höhe von 20° R.

Während der ersten Hälfte der Vegetationszeit war also die Temperatur entschieden zu hoch, um durchweg günstig wirken zu können. Die Wärmeverhältnisse zeigten große Ähnlichkeit mit denen des Jahres 1868.

Während der zweiten Hälfte der Vegetationszeit dagegen blieb die Temperatur ansehnlich unter dem günstigen Mittel und zwar noch weiter als in der entsprechenden, übrigens ähnlichen Periode des Jahres 1869.

Man wird es hiernach zunächst ganz natürlich finden, daß die Ernte des Jahres 1866 sowohl im Stroh als in den Körnern hinter der des Normaljahres 1870 zurückstand. Man erntete:

9291 mg Stroh gegen 10 950 mg im Jahre 1870

9436 „ Körner „ 11 411 „ „ „ „

Aber man wird billig fragen, warum in diesem Jahre einerseits die Entwicklung des Strohs eine noch weniger günstige war, als im Jahre 1868:

Strohtrockensubstanz 9291 mg gegen 9703 mg in 1868

Summe der Halmlängen 962 cm „ 1062 cm „ „

obgleich doch schädliche Hitzegrade während der ersten Hälfte der Vegetationszeit im Jahre 1868 noch häufiger und anhaltender beobachtet wurden, als im Jahre 1866, und warum andererseits die Ausbildung der Körner in gewisser Beziehung im Jahre 1866 wiederum besser war als im Jahre 1869, die Körnerernte betrug 1866 zwar nur 9436 mg gegen 10 315 mg im Jahre 1869, aber das Durchschnitts-

gewicht eines trocknen Korns war 1866 33 mg, 1869 nur 29 mg, obgleich der Wärmemangel während der zweiten Hälfte der Vegetationszeit nach den oben gegebenen Details im Jahre 1866 noch empfindlicher war, als im Jahre 1869.

Nun für beide Thatsachen findet man die, wie uns dünkt, durchaus ungesuchte und vollkommen ausreichende Erklärung in den veränderten übrigen Vegetationsbedingungen. Die geringere Bodenfeuchtigkeit und der stärkere Nährstoffüberschuß waren die leicht erkennbaren Ursachen, welche in dem einen Falle die schädlichen Einflüsse zu hoher Temperaturen ebenso verstärkten, wie sie in dem anderen die nachteilige Wirkung des Wärmemangels verminderten und teilweise kompensierten.

Das Jahr 1865 endlich war ein meteorologisch ganz anormales, ausgezeichnet durch Höhe und Dauer von Hitzeperioden, wie sie glücklicherweise nur äußerst selten einmal wiederkehren.

Der Durchschnitt der mittleren Tageswärme betrug:

In der ganzen Vegetationszeit	14,5° R.
„ „ ersten Hälfte derselben	12,3° R.
„ „ zweiten „ „	16,6° R.

Der Durchschnitt der Mittagswärme stellte sich:

In der ersten Hälfte der Vegetationszeit auf . . .	15,8° R.
„ „ zweiten „ „ „ „ . . .	20,9° R.

Gerade in der Periode des stärksten und raschesten Wachstums der Pflanzen waren folgende Mittagstemperaturen zu verzeichnen:

in den fünf aufeinander folgenden Tagen vom 5. bis 9. Juli
20,2° bis 25,2°, im Mittel 22,3° R.;

dann nach einer nur viertägigen Unterbrechung:

volle 15 Tage nacheinander vom 14. bis 28. Juli Thermometerstände zwischen 20,0° und 29,2° R., im Mittel 24,4° R.

Während der zweiten Hälfte der Vegetationszeit, welche den Zeitraum von 36 Tagen umfasste, erhob sich die Mittagstemperatur nicht weniger als 16 mal über den Stand von 22° R. und 11 mal über 24° R.

Dafs solche abnorme Wärmeverhältnisse das Wachstum unserer Versuchspflanzen sehr empfindlich beein-

trächtigten, konnte natürlich nicht fehlen, dafs aber der Ertrag des Jahres 1865 bis zu einer so gar traurigen Missernte herabsank — 7823 mg Stroh-Trockensubstanz gegen 10950 mg und 4941 mg Körner gegen 11411 mg im Normaljahre 1870; 607 cm Halmlänge gegen 1138 cm und 27 mg Durchschnittsgewicht eines trocknen Korns gegen 33 mg im Jahre 1870 — wird doch wiederum nur erklärlich durch die gleichzeitig schädliche Mitwirkung der beiden anderen Wachstumsfaktoren: geringe Bodenfeuchtigkeit und starker Überschufs von Nährstoffen.

Also auch die Resultate der beiden Versuchsjahre 1865 und 1866 sprechen durchaus für die Richtigkeit der oben aufgestellten Sätze und für die Möglichkeit, in Ermangelung besserer Methoden die gewöhnliche Beobachtung der Schattentemperatur zu Schlüssen über die Einflüsse benutzen zu können, welche der Gang der Wärme auf die Vegetation und den Ertrag der Versuchspflanzen ausübt.

Wir glauben nicht, dafs unsere Darstellungsweise zu einem Missverständnis Veranlassung giebt, wollen aber doch noch einige Worte über folgende zwei Punkte hinzufügen.

1. Wir haben in diesem Kapitel die Differenzen der erwähnten Gerstenerträge aus den Jahren 1865 bis 1870 immer einzig als eine Funktion der Temperatur behandelt. Wir thaten dies der Einfachheit halber, obwohl wir keinen Augenblick verkannten, dafs ein Teil dieser Ernteresultate möglicherweise oder vielmehr wahrscheinlich auf Konto der natürlich ebenfalls in jedem Jahre verschiedenen Lichtverhältnisse zu setzen sei. Näher auf diese diffizile Frage einzugehen, würde aber so lange vollständig aussichtslos sein, als uns eine Methode, die Gröfse der den Pflanzen während einer Vegetationszeit zufliefsenden Lichtmenge zu messen, noch gänzlich fehlt.

2. Wenn wir oben behaupteten: „Temperaturen, welche 20° R. überschreiten, wirken während der Blattentwicklung; und solche, welche über 22° R. hinausgehen, auch während der Samenbildung merklich schädlich auf die Vegetation der Gerste“, so konnte uns dabei natürlich nicht einfallen zu meinen, dafs eine Schattenwärme von zwanzig und einigen Graden an sich den Pflanzen nachteilig sei, sondern wir betrachteten die Höhe der Schattenwärme nur als Mafsstab für die sie begleitende Sonnenwärme.

Schattentemperaturen von mehr als 20° R. kommen nur an heiteren, sonnigen Tagen vor. In diesen Fällen aber erreicht die Wärme in der Sonne annähernd 40° R. oder auch mehr als 40° R.

(Dafs derartige Temperaturen schädlich auf die Vegetation einwirken müssen, ist unläugbar.)

Man werfe noch einen Blick auf die nachfolgenden Zahlen, die wir hier lieber geben, als einige gelegentlich und zusammenhangslos von uns selbst gemachte Beobachtungen.

Unter dem umfangreichen meteorologischen Materiale, welches die Magdeburger Wetterwarte in neuester Zeit regelmäfsig täglich veröffentlicht, finden sich auch die Angaben über den Stand zweier Maximalthermometer, von denen das eine im Schatten aufgehängt, das andere aber frei der Sonne exponiert ist.

Nach diesen Angaben wurde im Jahre 1881 gleichzeitig notiert:

mit einem Stande des Maximal- thermometers im Schatten von ° R.	ein Stand des Maximalthermometers in der Sonne von ° R.			
	im Mai	im Juni	im Juli	im August
10—11	27—28	23—25	—	—
11—12	30—33	29—32	—	—
12—13	—	23—28	—	26
13—14	28—33	—	—	—
14—15	—	—	—	32—35
15—16	32	—	36	33—35
16—17	32—37	32—37	37—39	31—36
17—18	35—38	33—39	32—39	33—38
18—19	37—39	36—40	34	32—38
19—20	33—38	37—39	37	36—40
20—21	37—39	37	39	—
21—22	38—39	—	38	37—39
22—23	—	40	38—41	—
23—24	—	39—40	41—42	41—42
24—25	—	—	40—42	—
25—26	—	—	41	—
26—27	—	43	41—42	41
27—28	—	—	—	—
28—29	—	—	—	43—44

R ü c k b l i c k .

Die Einwirkung von Licht und Wärme auf die Vegetation ist allerwärts und allezeit eine mächtige.

Bei gänzlicher Abwesenheit von Licht und bei gewissen niederen Temperaturen vollziehen sich die Funktionen des Pflanzenlebens gar nicht; bei schwachen Licht- und Wärmeintensitäten geht die Produktion matt und langsam vor sich; sehr hohe Licht- und Wärmegrade andererseits wirken schädlich, unter Umständen tödlich. — Nur bei einer bestimmten mittleren Intensität des Lichts und der Wärme produziert die Pflanze mit der höchstmöglichen Energie.

Und jedes Gewächs macht in dieser Beziehung seine eigenen Ansprüche; jedes Lebensalter, ja jede verschiedene physiologische Funktion verlangt andere Intensitäten von Licht und Wärme. — Selbst botanisch nahestehende Pflanzenarten zeigen in dieser Richtung wesentliche Unterschiede; der Weizen verlangt mehr Wärme als der Roggen, die Gerste mehr als der Hafer; in der Lebensperiode, in welcher die Pflanze ihre Fortpflanzungsorgane bildet, verträgt und braucht sie mehr Wärme und Licht, als in der, in welcher sie sich allein mit ihrer Ernährung beschäftigt.

Licht und Wärme, wie sie der Erde von der Sonne zufließen, halten nicht überall und immer gerade die günstige Mitte ein, welche die Vegetation braucht; beide verändern sich täglich und stündlich. Ungenügend niedere und schädlich hohe Intensitäten beider Agentien kommen zu jeder Jahreszeit vor, können in jeder beliebigen Stunde vorkommen.

Die Menge des Lichts günstigster Intensität, welche auf eine gegebene Feldfläche fallen kann, bedingt den theoretisch möglichen Maximalertrag, den eine Pflanze auf dieser Fläche zu liefern vermag.

Jede wesentliche Abweichung der Lichtverhältnisse von der mittleren günstigsten Intensität und ebenso jede erhebliche Abweichung der Wärmeverhältnisse von den günstigsten Mitteltemperaturen, nach oben so gut wie nach unten, hat ein Sinken der Produktion zur Folge.

Alle übrigen Wachstumsbedingungen als möglichst günstige angenommen, bedingt der mittlere Wert von Wärme und Licht an jedem Orte die Höhe der dort praktisch möglichen Durchschnittsernte, und der zufällige Gang der Wärme- und Lichtverhältnisse während einer Vegetationszeit die Größe des entsprechenden Jahresertrags.

Die Bodenfeuchtigkeit vermag die Wirkungen der Wärme merklich zu modifizieren derart, daß der schädliche Einfluß zu hoher Temperaturen verderblicher in trocknen Lagen oder Zeiten, und der zu niederer stärker in feuchten sich geltend macht.

Wärme, Licht und Feuchtigkeit vereint bilden den viel bedeutenden Begriff „Witterung“. Dem entscheidenden Einflusse dieses großen Faktors auf das Pflanzenleben vermag sich der praktische Landwirt nie und nirgends zu entziehen. Verschiedene Ernten wird es geben, so lange Regen und Sonnenschein auf Erden wechseln.

Aber auch der Agrikulturchemiker wird bei allen seinen Experimenten mit lebenden Pflanzen auf das Gewissenhafteste mit diesen Faktoren zu rechnen haben, und die Schwierigkeiten, die sich ihm bei dieser Aufgabe bieten, sind bedeutend.

Könnte man die Gaben von Wärme und Licht an die Pflanzen ebenso leicht willkürlich regulieren, wie die Gaben von Wasser oder Nährstoffen, so wäre die Sache verhältnismäßig einfach, und es wäre wohl die nächste Frage, ob man an der Möglichkeit, dies zu thun, so ohne weiteres verzweifeln muß.

Leider wird ein kurzes Nachdenken genügen, um diese Frage rückhaltslos zu bejahen; Licht und Wärme einer größeren Anzahl von Versuchsgewächsen auf künstlichem Wege eine ganze Vegetationszeit lang so zuzuführen, daß alle Pflanzen zu jeder Zeit absolut gleich und in einer bestimmten günstigsten Stärke von beiden Agentien getroffen werden, ist unausführbar.

Der Agrikulturchemiker ist also so gut auf die Benutzung der natürlichen Quellen von Licht und Wärme angewiesen und muß die periodischen wie die zufälligen Schwankungen in der Ausgiebigkeit derselben ebenso mit hinnehmen, wie der praktische Landwirt, doch steht er ihnen nicht ganz so machtlos gegenüber wie dieser.

Seine Aufgabe wird es zunächst sein, seine Einrichtungen so zu treffen, daß die ihm natürlich zuffließenden Licht- und Wärmemengen, soweit sie der Vegetation günstig sind, möglichst gut genützt,

und soweit sie dem Pflanzenwachstum schädlich sind, thunlichst fern gehalten werden.

Betreffend die Sandkultur wird man dabei besonders auf folgende Punkte Obacht zu nehmen haben:

Bei dem Durchgange durch Glas nach einem geschlossenen Raume erleiden die Licht- und Wärmestrahlen gewisse Veränderungen, die ihre Wirkung auf das Pflanzenleben weniger günstig gestalten; ein Teil der Lichtstrahlen wird reflektiert, ein anderer verschluckt und in Wärme umgewandelt, und diese Veränderungen erfolgen an verschiedenen Stellen ungleich. (Uns ist wenigstens keine Konstruktion eines geschlossenen Vegetationsraumes bekannt, die diese Übelstände vollständig vermiede.)

Man wird also gut thun, die Versuchspflanzen, soweit es der Zweck des Versuchs und die Witterung irgend erlauben, ganz im Freien vegetieren zu lassen, und ein gut konstruiertes Glashaus daneben nur als Zufluchtsstätte bei ungünstigen Wetterzuständen, wie Regen, Sturm, Hagel u. dergl., zu benutzen. Im Freien erhalten die Versuchspflanzen Licht und Wärme genau in denselben Verhältnissen zugeführt, wie die unter normalen Umständen wachsenden Feldpflanzen, und — was die unerläßliche Forderung für alle komparativen Versuchsreihen bilden muß — hier allein ist es möglich, die Pflanzen so aufzustellen, daß jede einzelne Pflanze in Bezug auf Licht und Wärme absolut gleich situiert ist.

Ferner:

In der Intensität der Wärme und des Lichtes macht sich in unseren Breiten eine große jährliche Schwankung in der Weise geltend, daß dieselbe vom Januar bis gegen Ende Juli stetig wächst und von da an wieder abnimmt. Die Monate Juli und August bringen in der Regel die höchsten Wärmegrade und die intensivsten Lichtmengen.

Erwägt man nun, daß die Pflanzen in der ersten Lebensperiode, in welcher sie sich nur mit ihrer Ernährung beschäftigen, geringere Wärmegrade brauchen und von den ausnahmsweise hohen Temperaturen empfindlicher leiden, als in der zweiten, in welcher sie sich mit der Fortpflanzung beschäftigen, so wird man darin eine hinreichende Aufforderung erblicken, die Einrichtung seiner Versuche, insbesondere aller derer, welche eine ganze Vegetationszeit umfassen, immer so zu treffen, daß die Versuchspflanzen die Entwicklung ihrer Laubteile bis incl. Juni in der Hauptsache vollendet haben, und daß die Aus-

bildung der Samen in den Monat Juli und August fällt. Durch eine sorgsame und richtige Wahl der Saatzeit ist dies leicht zu erreichen.

Erscheinen diese beiden Punkte bemerkenswert, insofern es den Wunsch betrifft, die natürlichen Licht- und Wärmequellen bestens zu benutzen, so verdienen ein paar andere Beachtung, wo es gilt, eventuell schädliche Einflüsse von den Versuchspflanzen abzuhalten.

Die geringe Bodenmasse, welche man bei der Sandkultur den Pflanzen in verhältnismässig recht kleinen Glasgefässen zu Entwicklung ihrer Wurzeln zur Verfügung stellt, ist dem Einflusse jedes Temperaturwechsels, der von aufsen an sie herantritt, in sehr bedenklichem Grade ausgesetzt, und die Temperatur des Bodens in den Versuchsgefässen erfährt, wenn man nicht besondere Schutzvorkehrungen trifft, in dem Zeitraum von 24 Stunden viel grössere Schwankungen, als die Temperatur des Feldbodens, auf welchen die Wärme resp. Kälte der Umgebung nur von der Oberfläche aus einzuwirken vermag.

Unsere Versuche lehren nun zwar, dass die Pflanzen gegen mässige Schwankungen der Bodentemperatur nicht allzu empfindlich sind, und dass sie selbst höhere Bodentemperaturen ohne Nachteil vertragen, wenn dieselben nicht länger anhaltend wirken; aber sie zeigen auch anderseits, dass die Widerstandskraft der Wurzeln bei Bodentemperaturen ihre Grenze findet, welche im Verlaufe der Versuche recht wohl vorkommen können, wenn sorglos verfahren wird.

Man hat also begründete Veranlassung, gegen diesen Übelstand etwas zu thun. Als Regel wird man dabei festhalten dürfen, dass Veränderungen der Bodentemperatur, soweit sie durch die Wärmeschwankungen in der umgebenden Luft hervorgerufen werden können, von den Pflanzen ohne bemerkbaren Schaden ertragen werden, dass es aber notwendig ist, den Boden in den Versuchsgefässen gegen die Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen wirksam zu schützen.

Weiter:

Neben den periodischen jährlichen und täglichen Schwankungen erleidet der Gang der Wärme fortwährend unregelmässige Abweichungen vom Mittel, deren Ursachen noch unbekannt sind, die aber fast zu jeder Jahres- und Tageszeit — sei es nach oben oder nach unten — soweit gehen können, dass sie das Wachstum der Pflanzen schädigen.

Kann man gegen diese Unregelmässigkeiten im allgemeinen

allerdings nichts thun, so wird man sich doch gegen die direkt schädlichen Extreme derselben recht wohl schützen können und müssen.

Extreme Kältegrade treten in der Vegetationszeit der einjährigen Pflanzen — und solche haben wir bei unserer bisherigen Besprechung allein immer im Auge gehabt —, falls man anders die Saatzeit richtig gewählt hat, wohl nur in Form von leichten Nachfrösten auf. Einen eventuellen Schaden durch diese aber wird man leicht und einfach dadurch vermeiden, daß man die Versuchspflanzen in das geschlossene Glashaus bringt, so oft Gefahr droht, daß die Wärme bis auf zwei oder drei Grad sinken kann, und sie solange darin beläßt, als sich die Temperatur in der Nähe von 0° erhält. (Eine Heizung des Glashauses haben wir bei unseren Versuchen mit einjährigen Pflanzen nie für notwendig gefunden.)

Einer eventuellen schädlichen Einwirkung extremer Sonnenhitze entzieht man sich nicht minder leicht durch eine zeitweilige Beschattung der Versuchsgewächse.

Da wir bei unseren Versuchen den Gang der Wärme nur im Schatten beobachteten, so sind wir nicht im Stande, genau anzugeben, welche Hitzegrade man als direkt schädlich zu betrachten hat; wir möchten aber auf Grund der im achten Kapitel dieses Abschnitts gegebenen Notizen bis auf Weiteres den unmafsgeblichen Rath erteilen, die Versuchspflanzen immer dann und solange zu beschatten, als ein der Sonne ausgesetztes Thermometer mit geschwärzter Kugel in der Periode der Laubbildung der Pflanzen 37° R. (46° C.) oder darüber und in der Periode der Körnerbildung 40° R. (50° C.) oder mehr zeigt.

Durch eine sorgsame Beobachtung der vorgenannten vier Punkte wird man einiges und nicht Unwesentliches thun können, um die natürlichen Quellen von Licht und Wärme verständig zu nützen und zugleich extreme schädliche Ausschreitungen in dem Gange derselben unschädlich zu machen. An den Differenzen der Licht- und Wärmeintensität im grofsen und ganzen, welche ein Tag nach dem andern und ein Jahrgang nach dem andern zeigen, und welche nichts weniger als bedeutungslos für das Pflanzenwachstum sind, ändert man aber dadurch natürlich nichts und bleibt den Einflüssen derselben in seinen Versuchen nach wie vor ausgesetzt.

Wenn man demnach auch hoffen darf, mit Hülfe der Sandkultur bei sorgfältiger Ausführung in einer aufeinanderfolgenden Reihe von

Jahrgängen Erträge zu erhalten, die in geringerem Maße von einander abweichen, als die in denselben Jahren auf freiem Felde gemachten Ernten, so wird man es doch nicht erreichen, und wenn man alle die übrigen Vegetationsfaktoren, welche man ganz beherrschen kann, wie Saatgut, Bodenvolumen, Wasser, Nährstoffe, noch so streng gleich macht, in einer Reihe von Jahren Erträge zu erzielen, die absolut gleich sind.

Hängt aber das Resultat der Versuche zu einem gewissen Teile von Faktoren ab, welche dem Willen der Experimentierenden entzogen sind, so ist es weiter unerläßlich, mindestens den Gang derselben sorgfältigst zu beobachten, um ihren Einfluß auf das Resultat wenn nicht vollständig eliminieren, so doch nach Möglichkeit richtig beurteilen zu können.

Freilich lassen die Hilfsmittel, die uns hierbei zu Gebote stehen, noch zu wünschen übrig, aber man ist in dieser Beziehung doch heutzutage viel besser gestellt, als wir es in der Zeit waren, in welcher wir unsere Versuche ausführten.

Prüfen wir, was sich augenblicklich wohl thun ließe.

Zur vollen Erfüllung der obigen Forderung würde leicht ersichtlich es nötig sein, einerseits die Summen von Licht und Wärme, welche den Versuchsobjekten innerhalb einer Vegetationszeit zufließen, und anderseits die Intensitäten, in welchen Wärme und Licht zeitweise auf die Pflanzen wirken, genau zu bestimmen.

Nun ist zwar bekannt, daß sich die mittlere Tageswärme im Schatten durch eine dreimal, ja selbst zweimal zu bestimmten Stunden vorgenommene Thermometerbeobachtung annähernd genau finden läßt; aber wie wir schon oben bemerkten, ist es viel weniger der Einfluß der Schattentemperatur, als der der direkten Sonnenwärme, der sich in den Versuchsergebnissen geltend macht, und muß es vielmehr darauf ankommen, den Gang der letzteren, als den der ersteren, genau zu verfolgen.

Um die Summen und zeitweisen Intensitäten der Sonnenwärme auch nur annähernd zu finden, genügt eine periodische zwei- oder dreimalige, genügt selbst eine allstündlich wiederholte Beobachtung jedenfalls nicht. Die Schwankungen in dem Gange der Sonnenwärme sind viel größer, viel unregelmäßiger und erfolgen viel rascher, als die der Schattenwärme. Es ist offenbar reiner Zufall, ob die Sonne zu der festgesetzten Beobachtungszeit von einer Wolke verdeckt wird

oder nicht. — Auch die Zuziehung eines Maximumthermometers kann hieran nichts bessern, denn ein einziger wenige Minuten anhaltender Sonnenblick zur Mittagszeit bringt dasselbe so hoch, wie ein ganzer klarer Sonnentag. — Nur eine fortlaufende, ununterbrochene Beobachtung kann uns hier das Material schaffen, das wir wünschen und brauchen.

Und solche fortlaufende Beobachtungen sind heute nicht mehr unausführbar. Ohne Zweifel sind die selbstregistrierenden Instrumente, welche in der neueren Zeit die Meteorologie für ihre Arbeiten benutzt, auch für unsere Zwecke verwendbar, oder lassen sich wenigstens ohne große Schwierigkeit für dieselben einrichten.

Konnten wir im achten Kapitel dieses Abschnittes nachweisen, daß schon die täglich dreimalige Beobachtung eines gewöhnlichen Thermometers im Schatten genügte, um bestimmte Beziehungen der Wärme zu dem Verlaufe der Vegetation erkennen zu lassen, so wird man mit ziemlicher Sicherheit hoffen dürfen, daß die viel umfassenderen Angaben zweier guten selbst registrierenden Thermometer, von denen eins im Schatten postiert, das andere frei der Sonne exponiert ist, den Beobachter in den Stand setzen, die Einflüsse, welche die Wärmeschwankungen in einem beliebigen Jahrgange auf die Versuchsergebnisse äußern, von denen der übrigen Wachstumsfaktoren zu scheidern und darnach auch die Resultate verschiedener Jahrgänge zu vergleichen.

Für die Messung der Lichtmengen dagegen, welche den Pflanzen zufließen, und der Differenzen in der Lichtintensität fehlt uns auch heute noch eine brauchbare Methode durchaus.

Zwar wird man schon einigen Anhalt in den Thermometerbeobachtungen finden, denn die Schwankungen der Lichtintensität bewegen sich vielfach mit denen der Wärmeintensität parallel, und dann wird man mit Recht in den Differenzen der Sonnen- und der Schattentemperaturen zugleich ein annäherndes Maß für die relative Menge des zufließenden direkten Sonnenlichtes suchen dürfen; aber eine für unsere Zwecke geeignete, der thermometrischen ähnliche, gute photometrische Methode ist vorläufig noch ein frommer und sehr berechtigter Wunsch.

Wir haben nach verschiedenen Richtungen versucht, eine solche Methode zu finden, aber der Erfolg unserer Bestrebungen war nicht

derart, daß wir Veranlassung hätten, dieselben hier detaillierter zu beschreiben.

Es ist nicht zu leugnen, daß die Notwendigkeit, die natürlichen Quellen von Licht und Wärme benutzen zu müssen, ferner die daraus folgende Abhängigkeit der Versuchsergebnisse von den zufälligen Schwankungen dieser Wachstumsfaktoren, und endlich die teilweise Mangelhaftigkeit der Messungsmethoden noch einen schwachen Punkt bilden bei den Vegetationsversuchen im allgemeinen sowohl, als bei der Sandkultur im besondern; aber wir glauben nicht, daß sie Veranlassung bieten, die letztere Methode deshalb überhaupt als unbrauchbar zu verwerfen.

VIERTER ABSCHNITT.

W a s s e r.

Jede lebendige Pflanze, jeder noch thätige Pflanzenteil ist bis zu einem gewissen Grade saftig. Die Getreidepflanzen enthalten zur Zeit der Blüte durchschnittlich etwa 75 Proz. Wasser, ausgewachsene, schon ältere Baumblätter etwa 60 Proz. Im jungen Grase beträgt der Feuchtigkeitsgehalt gegen 80 Proz., in unsern frischen Gemüsen, den Wurzelgewächsen und vielen essbaren Pilzen steigt er bis zu 90 Proz., und in einzelnen besonders saftigen Pflanzenteilen und Früchten, wie Gurken, Melonen, jungem Kopfsalat, Spargel u. dergl., erreicht er sogar 95 Proz.

Dieser Wassergehalt erhält sich in der gesunden, normalen Pflanze unter den verschiedensten äußeren Verhältnissen ziemlich konstant in der angegebenen Höhe und ist sicherlich nicht zufällig, sondern für die physiologischen Funktionen der Gewächse notwendig.

Es ist nicht schwer sich zu sagen, warum ein solcher konstanter Wassergehalt für die lebende Pflanze unentbehrlich ist. Das Protoplasma der thätigen Zellen vermag nur in einem schleimigen, gleichsam halbflüssigen Zustande die Aufgaben voll zu erfüllen, die ihm im Pflanzenleben zufallen; wenn es zu konsistent wird, verlangsamt sich seine Thätigkeit; wenn es austrocknet, so hört es auf zu fungieren. Die Zellwand selbst in dem thätigen Gewebe ist mit Wasser durchtränkt; wenn ihr die notwendige Feuchtigkeit entzogen wird, verliert sie ihre Elasticität und die übrigen Eigenschaften, die sie haben muß, um die Zelle als selbständigen lebendigen Organismus zu erhalten.

Die Rohnährstoffe werden von der Pflanze theils durch die Wurzeln, theils durch die Blätter aufgenommen; in fertige Nahrung umgewandelt, gleichsam verdaut werden sie in den chlorophyllhaltigen Zellen der Blätter; zur Verwendung gelangen sie in allen wachsenden Theilen der Pflanze, vorzugsweise in den Knospen. Der ganze Ernährungsprozess verlangt und bedingt also eine ununterbrochene Stoffwanderung im Innern der Gewächse, und diese Wanderung kann nur vermittelt und unterhalten werden durch Hülfe des in den Zellen enthaltenen Wassers. Nur wenn das Innere aller lebensthätigen Organe reichlich mit Wasser gefüllt ist, können die Ernährungsvorgänge mit voller Energie erfolgen; wenn der Pflanze durch irgend welche Ursache der ihr notwendige Wassergehalt teilweise oder ganz entzogen wird, muß der Ernährungsprozess langsamer werden, oder ganz aufhören.

Und eine solche Ursache finden wir unablässig thätig in der Natur, — es ist dies die Verdunstung.

Die Pflanze ist darauf angewiesen, sich den größten Theil ihrer Nahrung aus der Luft zusammenzusuchen. Da aber die betreffenden Futtermittel (Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure) der Luft nur in sehr spärlichem Verhältnisse beigemischt sind, so vermag die Pflanze sich nur dadurch die erforderlichen Quantitäten davon zuzueignen, daß sie in den Blättern ihren Körper zu möglichst großen Flächen entwickelt, die sich in der Atmosphäre ausbreiten. Natürlich begünstigt diese große Flächenausdehnung in demselben Maße die Verdunstung, wie sie auf der andern Seite die Aufsaugung fördert.

Bei dieser Bauart der Pflanzen würden an einem heißen, trockenen Sommertage wenige Stunden hinreichen, um ihnen ihr notwendiges Vegetationswasser zu entziehen, um eine saftige, frische Pflanzendecke in eine tote, trockene Staubmasse umzuwandeln, wenn nicht für die Möglichkeit eines fortdauernden Ersatzes des verdunstenden Wassers gesorgt wäre.

Die Quelle für diesen Ersatz haben wir einzig und allein in der Bodenfeuchtigkeit zu suchen.

Da die Atmosphäre stets bald geringere, bald größere Quantitäten von Wasserdampf aufgelöst enthält, so könnte allerdings die Frage entstehen, ob die Pflanze nicht die Fähigkeit habe, wenigstens in Zeiten der Noth, wenn bei lang andauernder Dürre der Boden so ausgetrocknet ist, daß er nicht mehr die erforderliche Menge Wasser

zu liefern vermag, sich diese Luftfeuchtigkeit mit Hilfe der Blätter für ihre Lebenszwecke dienstbar zu machen. Gegen eine solche Annahme aber sprechen bestimmt verschiedene Versuche, von denen der eine, nach unserer Ansicht entscheidendste von Duchartre mit zwei Exemplaren von *Tillandsia dianthoidea* ausgeführte, eine kurze Erwähnung finden mag.

Die *Tillandsia* ist eine epidendrische Pflanze aus der Familie der Bromeliaceen, welche keine eigentlichen Wurzeln hat. Die beiden Exemplare wurden zunächst gewogen, dann an ihrer abgestumpften Stengelbasis mit einem Bäusehen Moos umwickelt, mittelst Bleidraht auf Brettchen befestigt und so an diesen in einem Gewächshause aufgehängt, in welchem die Luft durch Spritzen immer feucht gehalten wurde. Die Pflanze A. wurde nie direkt mit Wasser befeuchtet, die Pflanze B. aber alle 2 bis 3 Tage herabgenommen und Brettchen nebst Moosbüschel in Wasser getaucht. Die öfter wiederholten Wägungen beider Pflanzen zeigten, daß bei dieser Einrichtung die Nummer A. stetig an Gewicht ab- und Nummer B. stetig zunahm. Als darauf das Verhältnis umgekehrt wurde, d. h. als der Moosbüschel am Stengelende von der Pflanze A. öfter angefeuchtet und der von Pflanze B. trocken gehalten wurde, kehrte sich auch sofort das Resultat um, indem von nun an Nummer A. regelmäfsig zu- und Nummer B. stetig abnahm. Diese Versuche beweisen klar, daß die beiden *Tillandsien* ihren notwendigen Wasserbedarf nicht mit Hilfe der Blätter aus der Luftfeuchtigkeit zu decken vermochten, und wenn dies die von Natur wurzellosen Pflanzen in einer mit Feuchtigkeit ge- oder übersättigten Luft, also unter den denkbar günstigsten Umständen, nicht konnten, so ist kein Zweifel darüber, daß es unsere von Haus aus durch ein reichliches Wurzelnetz auf den Boden angewiesenen Kulturgewächse noch viel weniger können.

Die Art und Weise, wie die Aufnahme des Wassers aus dem Boden und der Auftrieb desselben im Inneren der Gewächse erfolgt, ist, wenn man auch annehmen darf, daß dabei die Aufsaugung durch Osmose und die Hebung in kapillaren Räumen hauptsächlich wirksam sind, bis heute wissenschaftlich noch nicht ganz klar. Aber das vermindert nicht die Gültigkeit der drei Sätze:

Jede Pflanze braucht einen bestimmten, möglichst konstanten Wassergehalt, wenn sie ihre Lebensaufgabe normal und energisch vollziehen soll.

Die Verdunstung bildet eine unablässig wirkende Ursache, der Pflanze diesen nötigen Wassergehalt zu entziehen.

Die Bodenfeuchtigkeit ist die einzige Quelle für den Ersatz des durch die Verdunstung verloren gehenden Wassers.

Hieraus folgt, daß ein kräftiges, freudiges Gedeihen der Gewächse nur so lange gewährleistet ist, als sich die Thätigkeiten der Verlustquelle und der Ersatzquelle im Gleichgewichte erhalten.

Wenn die erstere stärker wirkt, als die letztere, d. h. wenn der Pflanze mehr Wasser aus dem Boden zugeführt wird, als sie zu verdunsten vermäg, so muß sich dieses im Innern derselben im Übermase anhäufen, und muß in den Zellen eine abnorm hohe, zuletzt schädliche Spannung entstehen. Es dokumentiert sich dieser Zustand dadurch, daß an einzelnen Stellen, besonders an den Spitzen jugendlicher Blätter Wasser in Tropfen ausgepresst wird und daß selbst zarte Zellen gesprengt werden. Die Folge davon sind Krankheitserscheinungen verschiedener Art.

Wenn umgekehrt die letztere stärker wirkt, als die erstere, d. h. wenn mehr Wasser verdunstet, als durch die Wurzeln zugeführt werden kann, so muß der Wassergehalt der Pflanze unter das normale Maß sinken; im Innern der Gewebe eine negative Spannung entstehen und infolge davon zunächst die Stoffwanderung langsamer und die Energie der Ernährung wie der Produktion herabgestimmt werden. Dauert das Mißverhältnis längere Zeit hindurch fort, so verlieren schließlic die Zellwände ihre Elasticität und sinken zusammen, — die Pflanze welkt. Das Ende vom Liede ist, daß das Gewächs verdorrt und stirbt.

Wenn demnach nicht nur Tod und Leben, sondern auch die Ertragshöhe der Pflanzen als in direktester Linie abhängig von dem ebenmäßigen Verlaufe dieser beiden Prozesse — Verdunstung und Wasserzufuhr aus dem Boden — angesehen werden müssen, so entstand daraus für uns die Aufgabe, behufs Richtigstellung unserer Versuchsmethode uns zunächst womöglich in positiven Zahlen ausgedrückte Antworten auf die Fragen zu beschaffen:

Wie viel Wasser verdunstet eine normal vegetierende Pflanze durchschnittlich unter unseren Versuchsverhältnissen?

Wie viel Feuchtigkeit darf und muß der Boden enthalten, wenn er den Pflanzenwurzeln die Möglichkeit bieten soll, der Pflanze alle-

zeit einen im richtigen Verhältnisse zur Verdunstung stehenden Wasserersatz zu beschaffen?

Auf welche Weise ist dieser wünschenswerte Grad der Bodenfeuchtigkeit am richtigsten herzustellen und zu erhalten?

Erstes Kapitel.

Ursachen der Verdunstung.

Da wir beschlossen hatten, den obigen Fragen auf rein empirischem Wege näher zu treten, so konnten wir die an sich hochinteressante aber heikle Frage — ob die Verdunstung vorwaltend als ein physikalischer oder als ein physiologischer Prozeß zu betrachten sei, unberücksichtigt lassen.

Es ist bei so komplizierten Vorgängen, bei denen eine ganze Anzahl von Faktoren gleichzeitig wirken, die ihren Einfluß so gut nach der einen wie nach der andern Seite geltend machen können, nicht eben leicht, die verschiedenen Wirkungen streng auseinander zu halten.

Soviel aber wenigstens zu wissen, mußte auch für unsere speziellen Zwecke wünschenswert bleiben, welche Ursachen, gleichgültig ob direkt oder indirekt wirkend, die Verdunstung am stärksten beeinflussen, und welche mehr als nebensächlich zu betrachten waren.

Auch weniger tief eingehende Beobachtungen, die uns Einrichtung und Mittel unserer Versuchsstation ohnehin nur gestatteten, konnten für diesen Fall genügen, und von diesem Gesichtspunkte aus bitten wir die nachstehenden Mitteilungen zu betrachten.

A. W ä r m e.

Dafs unter den Ursachen der Wasserverdunstung durch die Pflanzen die Wärme in erster Linie steht, wird man ohne weiteres annehmen dürfen. Der Wasserverbrauch bei dem Begießen liefert jedem Versuchsansteller täglich den ungesuchten Beweis dafür.

Wenn in der Zeit, in welcher die Pflanzen auf der Höhe ihrer Entwicklung standen, starke Hitzeperioden eintraten, so mußte nicht selten unser Destillationsapparat Tag und Nacht im Gange erhalten werden, um den Wasserbedarf der Versuchsgewächse zu decken.

Folgende wenige Angaben werden genügen, um den Einfluß der Wärme auf die Verdunstung wenigstens im allgemeinen darzulegen:

Drei Versuchsnummern, die im Jahre 1870 unter nachstehenden Vegetationsbedingungen eine vorzügliche Entwicklung erreichten:

Versuchsfrucht: kleine vierzeilige Gerste;

Boden: 4000 g Quarzsand;

Nährstoffe: alle notwendigen Elemente in mäßigem Überschusse;

Saatzeit: 29. April;

Zahl der Pflanzen pro Kulturgefäß: 7;

Bodenfeuchtigkeit: täglich auf 60 Proz. der wasserfassenden

Kraft des Sandes ergänzt;

und die bei der Ernte am 20. Juli einen Ertrag an Trockensubstanz lieferten von:

	in den Körnern	in Stroh und Spreu	in Sa.
	mg	mg	mg
a.	9 957	12 806	22 763
b.	12 215	11 537	23 752
c.	12 248	11 195	23 443

verdunsteten in 14 aufeinander folgenden dreitägigen Perioden:

Zeit	Mittlere Tageswärme im Durchschnitte ° R.	Relative Luftfeuchtig- keit im Durchschnitte Proz.	Wasserverbrauch pro Tag			
			a.	b.	c.	im Mittel
			g	g	g	g
20.—22. Mai	16,4	64,9	123	100	100	108
23.—25. "	9,5	70,9	112	98	96	102
26.—28. "	7,7	68,1	86	72	77	78
29.—31. "	11,9	64,1	233	192	198	208
1.—3. Juni	8,9	86,9	120	84	91	98
4.—6. "	9,5	71,0	125	110	125	120
7.—9. "	12,4	69,3	257	272	263	264
10.—12. "	9,9	63,5	162	175	172	170
13.—15. "	14,2	68,9	208	233	240	225
16.—18. "	17,6	61,0	244	256	248	249
19.—21. "	13,6	66,8	213	214	207	211
22.—24. "	12,4	72,7	187	215	208	203
25.—27. "	9,1	84,3	85	95	93	91
28.—30. "	9,7	77,5	84	103	92	93

Wenn man aus diesen Zahlen den Einfluß der Wärme auf die Verdunstung richtig herausfinden will, so wird man zunächst berücksichtigen müssen, daß die Pflanzen, mit denen man experimentierte, während der Dauer des Versuchs in lebhaftem Wachstume begriffen waren und die Größe ihrer verdunstenden Oberfläche mit jedem Tage veränderten.

Allerdings sind wir nicht im Stande, diese Veränderung von Periode zu Periode mit bestimmten Zahlen zu belegen, aber schon das bloße Auge lehrt und eine Anzahl direkter Messungen, die wir zu einem andern Zwecke im siebenten Kapitel dieses Abschnittes spezieller mitteilen werden, bestätigten, daß bei der Gerste die Größe der verdunstenden Oberfläche in der ersten Lebenshälfte, d. h. solange die Pflanze sich mit der Laubbildung beschäftigt, in einer steten Zunahme begriffen ist, daß sie mit dem Hervorbrechen der Ähren ihr Maximum erreicht, und von da ab durch Resorption und Absterben der Blätter wie Halminternodien erst in langsamem, dann in raschem Tempo wieder abnimmt.

In Versuchsgefäßen, in denen mehr als eine Pflanze steht und sich eine Mehrzahl von Halmen entwickelt, tritt der Wendepunkt von der Zunahme zur Abnahme der verdunstenden Oberfläche nicht scharf hervor, sondern bleibt die letztere, weil die Ähren niemals alle zu gleicher Zeit hervorbrechen, in der Nähe des Maximums eine Zeit lang ziemlich stationär.

Erinnern wir uns jetzt, daß unsere Versuchspflanzen am 29. April mit schon ausgetriebenem Wurzelkeime angesät und am 20. Juli geerntet wurden, und fügen wir weiter hinzu, daß das Austreiben der Ähren bei denselben in den Tagen vom 7. bis 12. Juni erfolgte, so werden wir nach dem eben Gesagten, ohne einen Fehler zu begehen, wenigstens allgemein annehmen dürfen, daß in unserm Versuche die verdunstende Oberfläche während der Perioden vom 20. bis 28. Mai noch in energischer und während der Perioden vom 29. Mai bis 6. Juni in mäßiger Zunahme begriffen war, daß sie weiter innerhalb der Zeit vom 7. bis 12. Juni sich ungefähr auf gleicher Höhe erhielt, und daß sie endlich in den Tagen vom 13. bis 21. Juni erst langsamer, dann in den Perioden vom 22. bis 30. Juni rascher wieder zurück ging.

(Es sei hier beiläufig erwähnt, daß die verdunstende Oberfläche von zwei weiteren Versuchsnummern, die mit den drei hier benutzten

unter durchaus gleichen Bedingungen vegetierten und auch gleiche Entwicklung zeigten, zu anderen Zwecken *) direkt gemessen wurde und zwar von der einen am 31. Mai, von der andern am 17. Juni. — Als Resultat wurde gefunden bei der ersteren: 2059 qcm und bei der letzteren: 2098 qcm.)

Da nun ferner die Bodenfeuchtigkeit, wie oben bemerkt, durch streng regelmässiges Begießen der Kulturgefäße mit Hilfe der Wage täglich auf 60 Proz. der wasserhaltenden Kraft des Sandes zurückgebracht wurde, und da durch diese Einrichtung des Versuchs die Möglichkeit eines immer vollen und gleich leichten Wasserersatzes durch die Wurzeln garantiert war, so wird es erlaubt sein anzunehmen, daß die Gröfse der verdunstenden Pflanzenoberfläche, die relative Feuchtigkeit der Luft und die Wärme, wenn nicht als die drei einzigen, so doch mindestens als die drei hauptsächlichsten Ursachen der beobachteten Transpirationsgröfse in unseren Versuchen anzusehen seien, und wird man die Frage weiter erörtern können, welche von diesen dreien den relativ stärksten Einfluß auf den Verlauf der Verdunstung äufserte.

Wir zerlegen zu diesem Behufe die obigen Ergebnisse in fünf Gruppen und finden:

Zeit	Gröfse der verdunstenden Oberfläche	Relative Feuchtigkeit der Luft Proz.	Mittel der Tageswärme ° R.	Tägliche Verdunstung der Pflanzen g
20.—22. Mai	lebhaft steigend	64,9	16,4	108
23.—25. "		70,9	9,5	102
26.—28. "		68,1	7,7	78

Die regelmässig zunehmende Gröfse der verdunstenden Pflanzenoberfläche an sich mußte offenbar in dieser Periode auf ein allmähliches Steigen der Verdunstungsgröfse hinarbeiten.

Die relative Feuchtigkeit der Luft allein würde ein vorübergehendes Sinken des Wasserverbrauchs in den mittleren drei Tagen (23. bis 25. Mai) bedingt haben.

Wenn dem ganz entgegen in der ersten neuntägigen Periode des Versuchs die Verdunstungsenergie der Pflanzen sowie die mittlere

*) S. siebentes Kapitel dieses Abschnitts.

Tageswärme regelmässig geringer wurde, so spricht dies unzweideutig für den dominierenden Einfluss dieses letzteren Verdunstungsfaktors.

Ferner:

Zeit	Größe der verdunstenden Oberfläche	Relative Feuchtigkeit der Luft	Mittel der Tageswärme	Tägliche Verdunstung der Pflanzen
		Proz.	° R.	g
29.—31. Mai	mässig zunehmend	64,1	11,9	208
1.— 3. Juni		86,9	8,9	98
4.— 6. „		71,0	9,5	120

Man sieht sofort, dass auch hier der Wasserverbrauch der Pflanzen sich weniger nach den Veränderungen in der Größe der verdunstenden Oberfläche, als nach dem Wechsel der Wärme richtete.

Der Einfluss, den die wechselnde Luftfeuchtigkeit ausüben konnte, verlief in dieser Periode mit dem der Wärme überall gleichsinnig. Wie beide Ursachen sich gegenseitig unterstützten, ist aus den bedeutenden Differenzen in dem Wasserverbrauche der einzelnen Tage deutlich ersichtlich.

Sodann:

Zeit	Größe der verdunstenden Oberfläche	Relative Feuchtigkeit der Luft	Mittel der Tageswärme	Tägliche Verdunstung der Pflanzen
		Proz.	° R.	g
7.— 9. Juni	gleich bleibend	69,3	12,4	264
10.—12. „		63,5	9,9	170

Die Oberfläche der Versuchspflanzen konnte in dieser Periode als ungefähr gleichbleibend und somit als einflusslos auf etwaige Unterschiede im Wasserverbrauche angenommen werden.

Die relative Luftfeuchtigkeit war in den letzten drei Tagen geringer, wie in den ersten und hätte demgemäß ein Steigen des Wasserverbrauchs erwarten lassen.

Trotz alledem sank die Verdunstung energisch und zeigte wiederum, wie der Einfluss der Wärme alle übrigen beherrscht.

Weiter:

Zeit	Größe der verdunstenden Oberfläche	Relative Feuchtigkeit der Luft	Mittel der Tageswärme	Tägliche Verdunstung der Pflanzen
		Proz.	° R.	g
13.—15. Juni	} langsam abnehmend	68,9	14,2	225
16.—18. "		61,0	17,6	249
19.—21. "		66,8	13,6	211

Bewegt sich auch in dieser Periode, wie leicht ersichtlich, die Größe der Verdunstung vorherrschend im Sinne der wechselnden Wärme, so geschieht dies endlich nicht minder auch noch in der letzten:

Zeit	Größe der verdunstenden Oberfläche	Relative Feuchtigkeit der Luft	Mittel der Tageswärme	Tägliche Verdunstung der Pflanzen
		Proz.	° R.	g
22.—24. Juni	} rascher sinkend	72,7	12,4	203
25.—27. "		84,3	9,1	91
28.—30. "		77,5	9,7	93

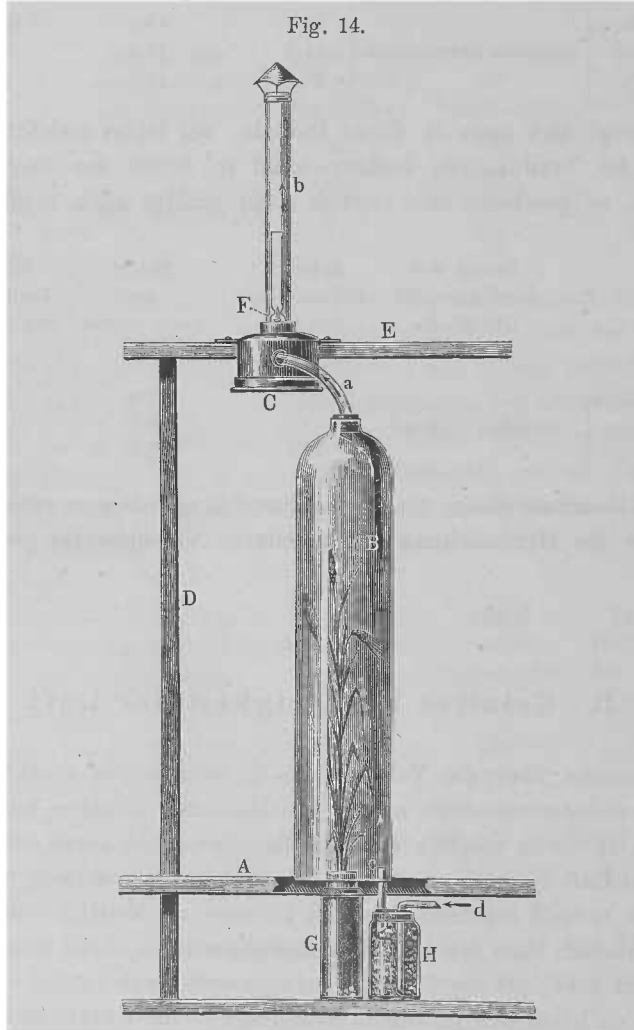
Die Resultate dieses einen Experimentes sprechen so entschieden, daß wir die Heranziehung noch weiterer Versuche für überflüssig halten.

B. Relative Feuchtigkeit der Luft.

Versuche über die Verdunstung in verschieden feuchter Luft können selbstverständlich nur in geschlossenen Räumen ausgeführt werden, in die es möglich ist nach Belieben getrocknete oder angefeuchtete Luft einzubringen. Die nächste weitere Forderung, wenn die Pflanzen normal vegetieren sollen, ist eine so kräftige Ventilation dieser Räume, daß den letzteren immer reichlich soviel frische Luft zugeführt wird, als sie für ihre Lebenszwecke nur irgend bedürfen. Vorzüglich hätte sich jedenfalls hierzu der kleine Pettenkofer'sche Respirationsapparat geeignet, aber abgesehen davon, daß derselbe zu der Zeit, in welcher wir unsere Experimente ausführten, noch nicht konstruiert war, hätten unsere Mittel die Beschaffung eines solchen nicht gestattet. Wir mußten uns also auf andere Weise

helfen und versuchten mit Erfolg, die Ventilation durch Flammen zu bewirken. Gas, was offenbar hierzu am erwünschtesten gewesen wäre, stand uns in Dahme leider nicht zur Verfügung. Wir griffen deshalb zu Petroleumlampen und bauten uns schliesslich nach verschie-

Fig. 14.



dem Hin- und Herprobieren den Apparat zurecht, von dem die vorstehende Fig. 14 eine Skizze bietet.

Auf eine starke Pfoste *A* wurde eine tubulierte Glasglocke *B* von bedeutenden Dimensionen (120 cm hoch und 24 cm im Durch-

messer) aufgesetzt und nach Möglichkeit luftdicht damit verbunden. Das letztere erreichte man dadurch, daß man die Glocke nicht flach auf die Oberfläche der Pfoste, sondern in eine etwa $\frac{1}{2}$ cm weit eingeschnittene Vertiefung einstellte und dort mit einer Mischung aus Wachs, Harz und Paraffin verkittete. Mit derselben Mischung wurde auch die innerhalb der Glocke liegende Oberfläche der Pfoste wiederholt gestrichen. Durch die gebogene Glasröhre *a* verband man sodann die Glocke *B* mit der aus Zinkblech hergestellten Büchse *C*, welche mittelst Schrauben an der durch die Säule *D* getragenen Pfoste *E* befestigt war. Die Büchse *C* hatte in der Mitte ihres festgelöteten Deckels eine zirka 4 cm weite Öffnung mit kurzem Rohrstutzen, der mit einer Galerie umgeben war. Diese Vorrichtung diente zum Aufsetzen der 6 cm weiten und 66 cm hohen Röhre *b* aus starkem Glase, welche an ihrem Ende die zum Schutze gegen rückwärts wirkende Windstöße dienende Blechkappe trug. Der Boden der Büchse *C* war nicht festgelötet, sondern konnte mittelst seines übergreifenden Randes wie ein Schachteldeckel leicht auf- oder abgestreift werden und wurde durch Bajonettverschluss festgestellt. Durch diese Anordnung war es ermöglicht, die gewöhnliche Petroleumlampe mit doppeltem Luftzuge *F*, deren Galerie ungefähr den Umfang der inneren Weite der Röhre *b* hatte, bequem in die Büchse *C* hinein und aus derselben heraus zu bringen. — In die Pfoste *A* waren unterhalb der Glocke *B* weiter zwei kreisrunde Öffnungen eingesägt, von denen die größere, gerade in der Mitte befindliche zur Aufnahme des etwas eingezogenen oberen Randes des Kulturgefäßes *G* *) bestimmt war, während durch die kleinere seitlich gelegene die weite Glasröhre *c* geführt wurde, welche den Eintritt der Luft in die Glocke *B* vermitteln sollte. Da auch die untere Pfoste *A* auf Säulen erhöht stand, so war es möglich, auf diese Weise selbst hohe Pflanzen, wie z. B. ährentragende Gerste, mit nur einiger Vorsicht leicht und unbeschädigt in die Glocke hinein- oder — behufs Wägens, Begießens und Auswechselns — aus derselben herauszubringen. Einen luftdichten Verschluss auch dieser Öffnung erzielte man dadurch, daß man dieselbe zunächst nur um ein Geringes weiter machte, als den eingezogenen oberen Teil des Kulturgefäßes, ferner dadurch, daß man auf die Schulter des letzteren einen dicken

*) Die Form der benutzten Kulturgefäße s. Fig. 8, S. 306.

Kautschukring auflegte und dasselbe schliesslich durch untergelegte Holzklötze und Keilchen von unten her an die Pfoste presste.

Wurde die Lampe *F* brennend in die Büchse *C* eingesetzt, so erregte sie, unterstützt von dem als Schornstein wirkenden langen Glascylinder *b*, eine lebhafte Luftströmung in der Richtung der Pfeile in der Figur, d. h. durch *c* und *B* nach *a* *C* und *b*, und wie ausgiebig diese war, bewies der Umstand, daß nur solche Verbindungsröhren, die einen Zoll lichte Weite hatten, genühten, um ein helles Brennen der Lampe *F* zu unterhalten. Wählte man die Röhren *c* und *a* enger, oder verdeckte man die Öffnung der Röhre *c* teilweise mit einem Blatte Papier, so wurde die Lampenflamme sofort rufsend, und nahm man die Röhren sehr eng, so verlöschte dieselbe gänzlich.

In der so ventilirten Glöcke war die Vegetation der Gewächse eine durchaus normale, selbst wenn dieselben Monate lang darin verweilen mußten. Daß ihnen eine für alle Bedürfnisse hinreichende ja überflüssige Menge von Kohlensäure zugeführt wurde, liefse sich durch Rechnung aus der Quantität des in 24 Stunden verbrannten Petroleums zeigen (cfr. das nächste Kapitel), noch besser aber wurde es durch die mit den im Freien wachsenden Pflanzen immer gleichlaufende Trockensubstanzzunahme bewiesen. Die von den Pflanzen verdunstete Feuchtigkeit wurde vollständig abgeführt; so lange man gewöhnliche atmosphärische Luft durch die Glocke leitete, blieben die Wände derselben unter allen Umständen trocken; nur wenn man absichtlich die durchstreichende Luft stark anfeuchtete, bildeten sich im Innern der Glocke tropfbar flüssige Niederschläge, die sich, wenn die Pflanzen von den direkten Strahlen der Mittagssonne getroffen wurden, zu ganz ansehnlichen Wassermengen ansammeln konnten.

Um in diesem Apparate beliebig mit feuchter oder trockner Luft experimentieren zu können, bedurfte es natürlich weiter nichts, als die Eingangsröhre *c* noch mit einem Trocknungs- resp. Anfeuchtungsapparate, oder besser mit einer Batterie von Trocknungs- resp. Anfeuchtungsapparaten für die zugeführte Luft zu verbinden, und es war bei Konstruktion dieser letzteren nur das Eine zu beachten, daß die als Aspirator dienende Flamme nicht fähig war, auch den geringsten Druck zu überwinden.

Für unsere Versuche, die zunächst keinen anderen Zweck hatten, als zu zeigen, ob das anhaltende Verweilen der Pflanzen in relativ feuchter oder trockner Luft einen spezifischen Einfluss auf die Ge-

samentwicklung derselben äußern würde — und ganz im allgemeinen darzuthun, ob die verschiedene Feuchtigkeit der Luft in bedeutendem Grade die Verdunstung hemme oder befördere —, erschien es genügend, wenn wir mit der Eintrittsröhre *c* ein Standgefäß *H* von etwa zwei Liter Inhalt verbanden, durch dessen gut schließenden Deckel ein zweites etwa einen Zoll weites Rohr *d* so eingefügt wurde, dafs es in dem Gefäfse etwa 2 cm über dem Boden endete, während es aufsen frei in die Luft mündete.

Wünschte man mit relativ trockner Luft zu arbeiten, so wurde das Gefäß *H* mit Bimssteinstücken gefüllt, die etwa die Gröfse einer Wallnufs hatten und mit Schwefelsäure getränkt waren. Wollte man umgekehrt relativ feuchte Luft benutzen, so wurde auf den Boden des Gefäßes *H* eine etwa 1 bis 1½ cm hohe Schicht destilliertes Wasser gebracht und eine aus einem Glasstabe gebogene Schlange eingebracht, welche nahezu die Höhe des Gefäßes hatte, und die man so mit Streifen von Fließpapier möglichst dicht behing, dafs die Enden der letzteren in die Wasserschicht eintauchten und sich stets mit Feuchtigkeit vollgesogen erhielten. Wurde die Beschickung des Gefäßes genügend oft erneuert, so wirkte diese einfache Flasche für unsere Zwecke vollkommen ausreichend, wie schon das oben erwähnte Erscheinen resp. Ausbleiben tropfbar flüssiger Niederschläge in der Glocke *B* genugsam bewies.

(Wenn man statt des einen Gefäßes *H* deren nach Bedarf zwei oder drei gleichzeitig benützte, und wenn man ferner vor und hinter den Trocknungs- resp. Anfeuchtungsapparaten und ebenso zwischen der Röhre *a* und dem Zinkkasten *C* je ein Glasgefäß in das System einschaltete, in welches man ein zweckmäfsig konstruiertes, feines Haarhygrometer einbrächte, so würde man den Gang der Verdunstung bequem laufend beobachten können; man würde ferner in dem Stande der drei Hygrometer, der Gewichtsveränderung der Gefäße *H* und der Gewichtsabnahme des Kulturgefäßes *G* alle erforderlichen Faktoren haben, um die in einer gegebenen Zeit durch den Apparat gegangene Luftmenge annähernd genau berechnen zu können, und damit würde, wie uns dünkt, der Apparat auch noch für weitergehende Forschungszwecke tauglich werden, als es die uns zunächst liegenden waren.)

In zwei so hergerichtete Apparate mit Glocken *B* von farblosem Glase wurde am 27. Juni 1871 je eine schon ziemlich weit entwickelte Gerstpflanze gebracht.

Die Vorgeschichte dieser beiden Pflanzen Nro. 488 und 489 war kurz folgende:

Anfang Mai waren zwanzig kleine Glaskulturgefäße von der Form Fig. 8, S. 306, mit Gartenboden gefüllt und am 15. d. M. mit Gerstenkörnern angesät worden, welche in destilliertem Wasser bis zum Austreiben des Würzelchens gebracht waren.

Die Beschickung erfolgte in der schon oben geschilderten Weise, d. h. mit Unterlegung einer Drainageschicht von Quarzstückchen und Einsetzen einer Glasröhre, welche diese unterste Schicht mit der äußeren Luft in Verbindung erhielt.

Das Gefäß Nro. 488 faßte 1747 g, das Gefäß Nro. 489 nur 1690 g Boden (trocken gerechnet).

Das spezifische Gewicht der benutzten Samen lag zwischen 1,19 und 1,20, das absolute Gewicht derselben betrug im Durchschnitt 32 mg lufttrocken.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde von 60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens schwankend erhalten.

Die ersten sechs Wochen verlebten die Versuchspflanzen mit den übrigen auf dem Transportwagen größtenteils im Freien.

Als gegen Ende Juni die Konstruktion unserer Ventilationsapparate soweit gediehen war, daß die Versuche in denselben beginnen konnten, wurden von den zwanzig uns zur Verfügung stehenden Pflanzen die Nummern 488 und 489 als diejenigen ausgewählt, welche zu dieser Zeit scheinbar ganz gleich entwickelt waren.

Zur Charakterisierung der Vegetationsepoche, in welcher die Pflanzen damals standen, diene die Bemerkung, daß am 23. Juni bei beiden die Grannenspitzen der jungen Ähre in der obersten Blattscheide des Haupthalms zuerst sichtbar wurden.

Bevor jedoch die Pflanzen unter die Glocken gebracht wurden, hatte man noch Sorge zu tragen, daß die Wasserverdunstung aus dem Boden ausgeschlossen wurde und man erreichte dies in folgender Weise:

Aus 4 bis 5 mm starken Holzbrettchen wurden kreisrunde Deckel geschnitten, deren Durchmesser etwas kleiner war als die obere lichte Weite der Kulturgefäße, und durch dieselben drei kreisrunde Löcher

gebohrt, ein größeres in der Mitte, zwei kleinere seitlich. Diese Deckel wurden gut getrocknet und in eine geschmolzene Masse von weißem Wachs und Paraffin so lange eingelegt, bis sie sich mit derselben vollständig durchtränkt hatten; dann brachte man sie derart auf die Oberfläche des Bodens, daß die Pflanze durch das mittlere größere Loch*) und die in dem Boden stehende Glasröhre durch eins der seitlichen kleineren ihren Durchgang fanden; das dritte Loch diente zum Begießen mittelst eines Trichters und wurde, so lange es nicht gebraucht wurde, mit einem kleinen Korke verschlossen.

Der gewünschte luftdichte Schluß wurde nun weiter dadurch erzielt, daß man die Deckel mit der Gefäßwand einerseits und mit der durchgehenden Glasröhre anderseits mittelst der Wachsparaffinmischung sorgfältig verkittete, und daß man den Zwischenraum, der im mittelsten Loche zwischen Deckel und Pflanze blieb, zunächst mit Baumwolle ausfüllte und schließlic über diese zwei passend geschnittene halbringförmige Papierstücke, die mit Wachs getränkt waren, auflegte und unter sich mit dem Deckel und der Pflanze durch die möglichst erkaltete aber noch flüssige Wachsparaffinmischung fest verband. Dieser Verschluss wirkte vollständig befriedigend und liefs nie einen nachteiligen Einfluss auf die Entwicklung der Pflanzen bemerken.

Wir ziehen diesen Verschluss den sonst zu diesem Behufe gewöhnlich benutzten halbierten Glastafeln entschieden deshalb vor, weil sich der Boden in den Kulturgefäßen im Verlaufe einer Vegetationszeit immer allmählich setzt und man mit den eingekitteten Holzdeckeln dieser Zusammenziehung des Bodens allezeit leicht und bequem folgen kann, was man mit den auf dem Rande des Gefäßes aufsitzenden Glastafeln nicht zu thun im Stande ist.

Die Gewichtsverhältnisse der beiden Kulturgefäße stellten sich nach alledem wie folgt:

*) Bei älteren Pflanzen wurde der Deckel gespalten und in zwei Hälften aufgelegt.

	Nro. 488	Nro. 489
	g	g
Das leere Kulturgefäß mit der Steindrainage wog . .	816	906
Der eingefüllte Boden wog trocken	1747	1690
Glasröhre und Holzdeckel nebst Verkittung wogen . .	17	38
Die Bodeufeuchtigkeit sollte betragen (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft)	440—147	426—142
Das Gesamtgewicht der Kulturgefäße mußte demnach während der Vegetationszeit gehalten werden zu	3020—2727	3050—2766

Die Pflanze Nro. 488 war dazu bestimmt, in relativ trockner Luft zu wachsen und demgemäß wurde der Ventilationsapparat, in den dieselbe eingestellt wurde, mit einer Trockenflasche H I, die mit durch Schwefelsäure getränkten Bimssteinstücken gefüllt war, verbunden.

Pflanze Nro. 489, die in relativ feuchter Luft vegetieren sollte, wurde in einen zweiten Apparat gebracht, mit dem man die, wie oben geschildert, hergerichtete Anfeuchtungsflasche H II in Verbindung setzte.

Der Trockenapparat H I wog beim Beginn des Versuchs 2627 g, der Anfeuchtungsapparat H II 1437 g.

Die Pflanzen verblieben unter ihren Glocken ohne eine andere Unterbrechung, als die zeitweilige Wägung mit sich brachte, bis zur Reife.

Über die Vegetation der Pflanzen während dieser Zeit läßt sich nur sagen, daß sie zu keinerlei Bemerkungen Veranlassung bot. Abnorme Erscheinungen traten nicht auf; ebenso war niemals ein auffallender Unterschied in dem Verhalten der beiden Nummern zu konstatieren.

Wenn an heißen klaren Tagen die Transpiration durch die direkt auffallenden Sonnenstrahlen sehr stark angeregt wurde, so beschlug, wie schon erwähnt, die von feuchter Luft durchströmte Glocke im Innern und zwar zu Zeiten in dem Grade, daß das Wasser in großen Tropfen an ihren Wänden herabfloß; während der Nacht aber wurde dieser Niederschlag regelmäßig wieder von der durchstreichenden Luft aufgesogen und abgeführt. Die mit relativ trockner Luft gespeiste Glocke blieb unter allen Umständen durchsichtig und trocken.

Welken oder auch nur Schlawwerden der Blätter konnte bei der Nummer 488 niemals bemerkt werden.

Beide Pflanzen reiften genau zu gleicher Zeit.

Bei der am 27. Juli erfolgten Ernte erhielt man die nachstehenden Gestalts- und Gewichtsverhältnisse:

Pflanze Nro. 488 (in trockner Luft):

	Größe der Halme				Länge der Ähren		Anzahl der		
	Länge ohne Ähre	Durchmesser			ohne Grannen	mit Grannen	Blätter	Ähren	Samen
		unten	mitten	oben					
Halm 1.	790	3,0	4,2	1,0	55	195	6	37	36
Halm 2.	677	2,5	3,5	1,5	45	160	6	33	23
Halm 3.	640	2,2	4,0	1,0	40	160	6	29	19
Halm 4.	415	2,5	3,0	1,0	35	160	5	22	12
							in Sa. 23	121	90

Die oberird. Organe zusammen ergaben an Trockensubstanz 4,7725 g, davon Rohasche 0,4135 u. organ. Substanz 4,3590 g.

Pflanze Nro. 489 (in feuchter Luft):

	Größe der Halme				Länge der Ähren		Anzahl der		
	Länge ohne Ähre	Durchmesser			ohne Grannen	mit Grannen	Blätter	Ähren	Samen
		unten	mitten	oben					
Halm 1.	785	3,5	4,5	1,5	55	177	6	40	21
Halm 2.	690	2,7	4,5	1,2	45	172	6	34	18
Halm 3.	515	3,0	3,7	1,2	35	145	5	28	15
Sprofs 1.	40	0,7	1,0	0,5	—	—	3	—	—
							in Sa. 20	102	54

Die oberird. Organe zusammen ergaben an Trockensubstanz 4,7875 g, davon Rohasche 0,4370 u. organ. Substanz 4,3505 g.

Beide Pflanzen hatten mithin genau gleichviel Masse erzeugt; der einzige Unterschied in der Entwicklung derselben bestand darin, daß bei Nro. 489 die vierte Halmanlage nicht bis zur Ährenbildung fortgeschritten war, dafür aber hatten die übrigen drei Halme mit ihren Blättern mehr an Kraft und Breite gewonnen.

Der Gang der Verdunstung wird aus den folgenden detaillierten Angaben ersichtlich werden:

Bevor man am 27. Juni die Pflanzen in die Ventilationsapparate einstellte, wurde die Bodenfeuchtigkeit in denselben auf das projektierte Maximum gebracht. Gefäß Nro. 488 wog darauf 3022 g, und Gefäß Nro. 489 3046 g. Die durch die Verdunstung bewirkte Abnahme betrug:

	Nro. 488 trockne Luft		Nro. 489 feuchte Luft	
	Gewicht des Gefäßes incl. Pflanze	verdunstetes Wasser	Gewicht des Gefäßes incl. Pflanze	verdunstetes Wasser
	g	g	g	g
d. 27. Juni	3022	—	3046	—
d. 28. „	2994	28	3033	13
d. 29. „	2939	55	2988	45
d. 30. „	2882	57	2943	45
d. 1. Juli	2813	69	2872	71

Am 1. Juli wurde den Pflanzen frisches Wasser gegeben.

d. 1. Juli	3004	—	3055	—
d. 6. „	2777	227	2817	238

Am 6. Juli wurde wieder begossen.

d. 6. Juli	3015	—	3063	—
d. 9. „	2876	139	2894	169
d. 10. „	2826	50	2843	51
d. 11. „	2772	54	2789	54
d. 13. „	2739	33	2764	25

Am 13. Juli wieder begossen.

d. 13. Juli	3006	—	3101	—
d. 19. „	2807	199	2929	172

Am 19. Juli wurden die weiteren Beobachtungen eingestellt, weil die Pflanzen schon stark in die Reifeperiode übertraten und ein ansehnlicher Teil der Blattflächen gelb geworden oder vertrocknet war. Die Pflanzen blieben aber von da ab noch bis zu der am 27. Juli

erfolgten Ernte unter den wie früher weiter ventilierten Glocken stehen.

Die mit Nro. 488 verbundene Trockenflasche

	wog g	hatte Wasser angezogen g
d. 27. Juni (frisch beschickt)	2627	—
d. 29. Juni	2766	139
d. 1. Juli	2833	67

Da sich am Boden der Flasche eine gröfsere Menge verdünnter Schwefelsäure angesammelt hatte, wurde dieselbe, um die Mündung des Eintrittsrohres *d* frei zu halten, mittelst eines Hebers abgesogen.

d. 1. Juli	2624	—
d. 6. „	2687	63

Am 6. Juli wurde die von Neuem zusammengelaufene verdünnte Schwefelsäure wiederum entfernt.

d. 6. Juli	2500	—
d. 10. „	2532	32
d. 11. „	2535	3
d. 19. „	2538	3

Die mit Nro. 489 verbundene Anfeuchtungsflasche

	wog g	hatte Wasser abgegeben g
d. 27. Juni (frisch beschickt)	1437	—
d. 29. Juni	1369	68
d. 1. Juli	1265	104

Da das Wasser von dem Boden der Flasche bis auf einen mäfsigen Rest verdunstet war, wurde neues Wasser zugegeben.

d. 1. Juli	1362	—
d. 6. „	1145	217

Am 6. Juli neues Wasser zugegeben und zugleich die Papierstreifen, die nicht mehr recht saugen wollten, durch neue ersetzt.

d. 6. Juli	1374	—
d. 10. „	1152	222

Am 10. Juli wiederum Zusatz von Wasser.

d. 10. Juli	1517	—
d. 11. „	1462	55
d. 19. „	1161	301

Bevor wir versuchen aus diesen Daten einen Schlufs zu ziehen, geben wir noch gleich die Details eines zweiten Versuchs mit jüngeren Pflanzen, der unmittelbar an den ersten angeschlossen wurde.

Am 19. Juli wurden zwei kleine Kulturgefäße Nro. 490 und 491 mit Gartenboden gefüllt und mit Gerste angesäet. — Form und Gröfse der Gefäße, Art der Beschickung, Qualität des Samens, Menge der Bodenfeuchtigkeit, kurz alle allgemeinen Versuchsbedingungen wurden mit denen der beiden vorhergehenden Nummern genau gleich gehalten.

Man hatte ursprünglich in jedes Gefäß drei Samen gesäet, schnitt aber kurze Zeit nach dem Aufgehen je zwei der jungen Pflänzchen weg und liefs nur dasjenige stehen, welches möglichst genau im Mittelpunkte der Bodenoberfläche hervorgetreten war.

Beide Pflänzchen entwickelten sich scheinbar recht gleichmäfsig, jedoch Nro. 491 um ein wenig schneller als Nro. 490.

Am 31. Juli, als das dritte Blatt in der Entfaltung begriffen war, wurden folgende Dimensionen gemessen:

	Freie Länge der Blattscheiden		Freie Länge der Blätter			Gröfste Breite der Blätter		
	I.	II.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
	Nro. 490.	18	20	137	188	128	8	9	8 mm
„ 491.	32	34	118	205	182	8	8	10 „

Am 3. August wurde der Ausschluß der Wasserverdunstung aus dem Boden auf die bei dem vorhergehenden Versuche speziell geschilderte Art durch aufge kittete Holzdeckel bewirkt, und die allgemeinen Gewichtsverhältnisse unserer Kulturgefäße stellten sich darnach:

	Nro. 490	Nro. 491
	g	g
Das leere Kulturgefäß mit der Steindrainage wog . .	984	798
Der eingefüllte Boden wog trocken	1633	1655
Glasröhre und Holzdeckel nebst Verkittung wogen . .	29	28
Die zu verabreichende Bodenfeuchtigkeit (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft) betrug	412—137	417—139
Das Gesamtgewicht der Kulturgefäße war demnach während der Vegetationszeit zu halten auf . . .	3058—2783	2898—2620

So vorbereitet wurden die beiden Gefäße mit ihren Pflänzchen am 4. August unter die Ventilationsglocken gebracht und zwar wurde dem Apparate, welcher die Nummer 490 aufnahm, eine Trockenflasche, und dem, welchem die Nro. 491 anvertraut wurde, eine Anfeuchtungsflasche angefügt.

Hier blieben die Pflanzen bis Ende August, zu welcher Zeit bei beiden am Haupthalme eine gesunde Ähre erschien, d. h. also bis zu ungefähr derselben Entwicklungsperiode, mit welcher die Pflanzen Nro. 488 und 489 in den vorigen Versuch eingetreten waren.

Die Vegetation während der Versuchsdauer bot auch diesmal keinen Anlaß zu einer Bemerkung. Die Entwicklung beider Pflanzen blieb anscheinend eine ganz gleiche.

So lange die Gerste noch klein war, hielten sich die beiden ventilierten Glocken im Innern stets trocken, später aber beschlug die von angefeuchteter Luft durchströmte immer, wenn die herangewachsene Pflanze Nro. 491 in intensivem Sonnenscheine lebhaft verdunstete.

Ein Welken der in trockner Luft wachsenden Pflanze war hier ebensowenig wie in der vorhergehenden Versuchsreihe zu bemerken; ja an dem klaren, warmen 9. August erschien sogar bei starker Mittagshitze die in feuchter Luft befindliche Nummer 491, wenn auch nicht welk, so doch schlaff, während Nummer 490 sich unverändert straff erhielt.

Als die Pflanzen am 31. August, nachdem die Ähre des Haupthalses vollständig aus der obersten Blattscheide herausgetreten war, geerntet wurden, betrug die von ihnen produzierte oberirdische Masse bei 100° C. getrocknet:

Nro. 490 in trockner Luft vegetiert	2365 mg
„ 491 „ feuchter „ „	2635 „

Bis zum Beginn der Versuche am 4. August war Wasser verdunstet worden

von Nro. 490	78 g
„ „ 491	71 g

Während des Verweilens in den Ventilationsapparaten stellten sich die Verdunstungsverhältnisse wie folgt:

	Nro. 490 trockne Luft		Nro. 491 feuchte Luft	
	Gewicht*) des Gefäßes incl. Pflanze	verdunstetes Wasser	Gewicht des Gefäßes incl. Pflanze	verdunstetes Wasser
	g	g	g	g
d. 4. August	2897	—	2712	—
d. 5. „	2888	9	2709	3
d. 6. „	2874	14	2701	8
d. 7. „	2855	19	2688	13
d. 8. „	2816	39	2656	32
d. 9. „	2777	39	2624	32

Am 9. August wurde den Pflanzen frisches Wasser gegeben:

d. 9. August	3054	—	2892	—
d. 11. „	2962	92	2801	91
d. 12. „	2901	61	2740	61
d. 13. „ (früh 8 Uhr)	2893	8	2738	2
d. 13. August (abends 8 Uhr)	2840	53	2680	58

Im Laufe des 14. August wurde wieder begossen:

d. 14. August	3017	—	2826	—
d. 15. „	2997	20	2816,5	9,5
d. 19. „	2833	164	2640	176,5
d. 21. „	2767	66	2581	59

Die mit Nro. 490 verbundene Trockenflasche

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 4. August (frisch beschickt)	2594	—
d. 7. August	2764	170

Am 7. August wurde die auf dem Boden der Flasche zusammengefoffene verdünnte Schwefelsäure abgezogen.

d. 7. August	2200	—
d. 8. „	2258	58
d. 9. „	2280	22
d. 11. „	2306	26
d. 12. „	2313	7

Da die Flasche fast nicht mehr wirkte, so wurde sie am 12. August entleert und mit einer frischen Füllung von in Schwefelsäure getränkten Bimssteinstücken versehen.

*) Immer abends 8 Uhr gewogen.

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 12. August	2168	—
d. 13. „	2276	108
d. 14. „	2312	36
d. 21. „	2563	251

Die mit Nro. 491 verbundene Anfeuchtungsflasche

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 4. August (frisch beschickt)	1688	—
d. 7. August	1556	132
d. 8. „	1464	92
d. 9. „	1381	83

Am 9. August wurde frisches Wasser zum Ersatz des verdunsteten zugefüllt und die Flasche wog darnach:

d. 9. August	1651	—
d. 11. „	1447	204
d. 12. „	1355	92

Am 12. August wurden wiederum 200 ccm Wasser nachgefüllt und zugleich die Papierstreifen erneuert.

d. 12. August	1555	—
d. 13. „	1394	161
d. 14. „	1344	50

Am 14. August noch einmal Zusatz von Wasser:

d. 14. August	1634	—
d. 21. „	1330	304

Aus den beiden Versuchen geht zunächst deutlich genug hervor, daß ein selbst länger dauernder Aufenthalt in einer relativ feuchteren oder trockneren Atmosphäre keinerlei bemerkbaren Einfluß auf das Gesamtwachstum ausübte; auch die einzelnen Entwicklungsperioden wurden dadurch weder merklich beschleunigt noch verlangsamt, die Pflanzen reiften z. B. in beiden Fällen anscheinend zu ganz gleicher Zeit.

Einen definitiven Schluß auf den Gang der Verdunstung in trockner und feuchter Luft aus den beiden Versuchen zu ziehen, dürfte deshalb nicht wohl erlaubt sein, weil dazu vorher notwendig der Beweis geführt werden müßte, daß die Verdunstungsgröße der

beiden Versuchspflanzen unter gleichen Verhältnissen allezeit vollkommen gleich war, und es schwer halten dürfte, einen solchen Beweis zu liefern.

Auffällig aber mußte es entschieden in hohem Grade sein, daß unsere Pflanzen in beiden Versuchen in der trocknen Luft nur während der ersten paar Tage ansehnlich mehr verdunsteten als in der feuchten, nachher aber in der Wasserabgabe sich ziemlich gleich stellten.

Wir kommen noch einmal auf diesen Punkt zurück, halten es aber für zweckmäßig, vorher noch über zwei weitere kurze Experimente zu referieren, die gleichzeitig und parallel mit den vorhergehenden angestellt wurden und bei denen ein Beweis, daß die Verdunstungsgröße der benutzten Versuchspflanzen gleich war, entbehrlich erscheinen wird.

Von den zwanzig mit Gerste bestandenen Kulturgefäßen, welche schon die beiden Nummern 488 und 489 zu dem ersten Versuche geliefert hatten, wurden am 26. Juni 1871 zwei weitere Nummern 492 und 493 entnommen, und nachdem die Bodenoberfläche derselben durch aufge kittete Holzdeckel abgeschlossen worden, frisch begossen.

Die Vorgeschichte dieser Pflanzen ist S. 466 ausführlich gegeben; es genügt hier, zu erwähnen, daß die beiden Pflanzen anscheinend sehr gleichmäßig entwickelt waren; beide besaßen neben dem Haupthalme einen kräftig gebildeten Nebenhalm und noch einen schwachen jungen Seitentrieb.

Am 26. Juni waren die Grannen der jungen Ähre am Haupthalme etwa bis zu ein Viertel ihrer Länge aus der Blattscheide hervorgetreten, am Nebenhalm stand das Hervorbrechen derselben in kurzer Zeit zu erwarten.

In der Folge wurden von jeder der beiden Pflanzen diese zwei Ähren normal und kräftig zur Reife gebracht, während die dritte Halmanlage bei beiden, ohne zur Fruchtbildung zu gelangen, wieder abstarb.

Die Gewichtsverhältnisse der Gefäße waren:

	Nro. 492	Nro. 493
	g	g
Das leere Kulturgefäß mit der Steindrainage wog . . .	903	870
Der eingefüllte Gartenboden wog trocken	1585	1715
Glasröhre und Holzdeckel nebst Verkittung wogen . .	38	33
Die zu verabreichende Bodenfeuchtigkeit (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft) betrug	399—133	432—144
Das Gesamtgewicht der Kulturgefäße war demnach während der Vegetationszeit zu halten auf . . .	2925—2659	3050—2762

Am 27. Juni wurden die beiden Pflanzen gleichzeitig mit den Nummern 488 und 489 unter zwei Ventilationsapparate mit farblosen Glocken gebracht, von denen der eine mit einer Trockenflasche, der andere mit einer Anfeuchtungsflasche verbunden war.

Der Unterschied zwischen den beiden Versuchen sollte darin bestehen, daß man hier nicht, wie bei dem ersten Versuche, die Pflanzen dauernd in feuchter resp. trockner Luft beliefs, sondern dieselben nach Verlauf von 1 bis 2 Tagen wechselnd in trockne oder feuchte Luft brachte, ein Verfahren, wodurch, wie leicht ersichtlich, der etwaige Einfluß der individuellen Verschiedenheit in der Verdunstungsenergie der beiden Pflanzen eliminiert wurde.

Die während der Dauer des Experimentes gemachten Beobachtungen waren im speziellen:

		Pflanze Nro. 492	
		wogr*)	verdunstete Wasser
		g	g
In trockner Luft*)	{ d. 27. Juni	2918	—
	{ d. 28. „	2898	20
	{ d. 29. „	2852	46
		in Sa. 66	
In feuchter Luft	{ d. 29. Juni	2852	—
	{ d. 30. „	2819	33
	{ d. 1. Juli	2765	54
		in Sa. 87	

Am 2. Juli wurde begossen.

In feuchter Luft	{ d. 2. Juli	2926	—
	{ d. 3. „	2857	69
In trockner Luft	{ d. 3. „	2857	—
	{ d. 4. „	2805	52
In feuchter Luft	{ d. 4. „	2805	—
	{ d. 5. „	2786	19

*) Das Einbringen der Pflanzen resp. der Wechsel derselben unter den Ventilationsapparaten, sowie sämtliche Wägungen erfolgten immer 8 Uhr nachmittags.

Pflanze Nro. 493

		wog g	verdunstete Wasser g
In feuchter Luft	d. 27. Juni	3040	—
	d. 28. „	3030	10
	d. 29. „	2996	34
		in Sa. 44	
In trockner Luft	d. 29. Juni	2996	—
	d. 30. „	2948	48
	d. 1. Juli	2880	68
		in Sa. 116	

Am 2. Juli wurde begossen:

In trockner Luft	d. 2. Juli	3073	—
	d. 3. „	2984	89
In feuchter Luft	d. 3. „	2984	—
	d. 4. „	2944	40
In trockner Luft	d. 4. „	2944	—
	d. 5. „	2894	50

Die mit dem ersten Ventilationsapparate verbundene Trockenflasche

	wog g	hatte Wasser angezogen g
d. 27. Juni (frisch beschickt)	2457	—
d. 29. Juni	2602	144
d. 1. Juli	2657	55

Am 2. Juli wurde die zusammengeflossene verdünnte Schwefelsäure abgezogen.

d. 2. Juli	2435	—
d. 3. „	2460	25
d. 4. „	2480	20

Am 4. Juli wurde die matt gewordene Trockenflasche gegen eine andere frisch beschickte ausgewechselt.

d. 4. Juli	2063	—
d. 5. „	2150	87

Die mit dem zweiten Ventilationsapparate verbundene Anfeuchtungsflasche

	wog g	hatte Wasser abgegeben g
d. 27. Juni (frisch beschickt)	1907	—
d. 29. Juni	1826	81
d. 1. Juli	1702	124

Im Laufe des 1. Juli frisches Wasser eingefüllt.

d. 2. Juli	1892	—
d. 3. „	1844	48
d. 4. „	1810	34

Am 4. Juli noch einmal Zusatz von Wasser.

d. 4. Juli	1903	—
d. 5. „	1847	56

Es ist wohl kaum nötig, besonders hervorzuheben, daß bei Beurteilung des Einflusses, den die Luftfeuchtigkeit auf die Verdunstung hier ausübte, nicht die Unterschiede in Betracht kommen können, welche ein und dieselbe Pflanze an verschiedenen Tagen in ungleich trockner Luft zeigte, denn die acht Versuchstage waren ganz ungleich warm und sonnig, sondern daß man hier nur auf die Unterschiede Rücksicht nehmen darf, welche die beiden Pflanzen, Nro. 492 und 493 an den gleichen Tagen in ihrer Verdunstungsenergie bemerken ließen.

Und thut man dies, so bemerkt man sofort, daß die eine Pflanze jedesmal mehr Wasser verdunstete als die andere, wenn sie in der relativ trocknen Luft stand, und daß umgekehrt ihre Verdunstungsgröße jedesmal hinter der der andern zurückblieb, wenn sie sich in relativ feuchter Luft befand.

Eine einfache Zusammenstellung der abgegebenen Wassermengen liefert folgendes Bild:

Ohne Rücksicht auf die Luftfeuchtigkeit verdunsteten beide Pflanzen während der ganzen Versuchsdauer und zwar:

	Nro. 492	Nro. 493
	g	g
d. 27. Juni bis 29. Juni	66	44
d. 29. „ „ 1. Juli	87	116
d. 2. Juli „ 3. „	69	89
d. 3. „ „ 4. „	52	40
d. 4. „ „ 5. „	19	50

Das relative Verhältnis, in welchem die Verdunstungsgröße der Nro. 492 zu der der Nro. 493 stand, war also im Durchschnitt = 100 : 116.

An den Tagen, an welchen die Nro. 492 in trockner, die Nro. 493 aber in feuchter Luft vegetierte, verdunsteten

	Nro. 492	Nro. 493
	g	g
d. 27. bis 29. Juni	66	44
d. 3. „ 4. Juli	52	40
	<hr/>	
d. i. in Sa. 118		84

und die relative Verdunstungsgröße von Nro. 492 zu Nro. 493 stellte sich in diesem Falle = 100 : 71; während umgekehrt an den Tagen, an welchen die Nro. 492 in feuchter, die Nro. 493 aber in trockner Luft zubrachte,

	Nro. 492	Nro. 493
	g	g
d. 29. Juni bis 1. Juli	87	116
d. 2. Juli „ 3. „	69	89
d. 4. „ „ 5. „	19	50
	<hr/>	
d. i. in Sa. 175		255

verdunsteten und sich damit das relative Verhältnis von Nro. 492 zu 493 = 100 : 146 stellte.

Bei diesem Versuche machte sich demnach der hemmende Einfluss einer relativ feuchteren Luft und der fördernde einer relativ trockneren auf die Verdunstung unzweifelhaft bemerkbar und erreichte eine Höhe von 30 bis 40 Proz. der gesamten mittleren Verdunstungsenergie.

Gleichzeitig mit den Gefäßen Nro. 490 und 491, die bei unserem zweiten Versuche den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf das Verhalten der Pflanzen betreffend gedient hatten, und in allen Stücken ganz gleich mit diesen*), waren am 19. Juli die drei Kulturgefäße Nro. 494, 495 und 496 beschickt, besät und armiert worden.

Die Gewichtsverhältnisse der letzteren waren:

*) Siehe S. 472.

	Nro. 494	Nro. 495	Nro. 496
	g	g	g
Das leere Kulturgefäß mit der Stein- drainage wog	832	907	886
Der eingefüllte Gartenboden wog trocken	1654	1611	1609
Glasröhre und Holzdeckel nebst Ver- kittung wogen	32	30	13
Die zu verabreichende Bodenfeuchtig- keit (60 bis 20 Proz. d. wasserfass. Kraft des Bodens) betrug	417—139	406—135	405—135
Das Gesamtgewicht der Kulturgefäße war demnach während des Versuchs zu halten auf	2935—2657	2954—2683	2913—2633

Anfangs August hatten es die in den Gefäßen aufgegangenen Gerstenpflänzchen bis zur Entwicklung des dritten Blattes gebracht, und am vierten desselben Monats wurden zwei davon, die Nummern 494 und 495, unter die beiden Ventilationsapparate gestellt, unter welchen im Juli die Nummern 492 und 493 beobachtet worden waren.

Beide Pflanzen waren in ihrer Ausbildung nicht gleich, sondern die Nummer 494 entschieden schwächer als Nummer 495 (in der Zeit vom 25. Juli bis 4. August, die sie noch unter gewöhnlichen Umständen im Freien verbrachten, hatte auch Nro. 494 nur 75 g, Nro. 495 aber 96 g Wasser verdunstet), aber das schien bei der Anordnung des Versuchs kein absolutes Hindernis für ihre Benutzung. Der letzteren gemäß sollten sie nämlich, wie die Nummern 492 und 493, Ventilationsapparat und Luft täglich mit einander wechseln.

Die Details, welche die Beobachtung in den nächsten fünf Tagen hierbei ergab, waren kurz folgende:

		Pflanze Nro. 494	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
In trockner Luft	{ d. 4. August	2765	—
	{ d. 5. "	2755	10
In feuchter Luft	{ d. 5. "	2755	—
	{ d. 6. "	2748	7
In trockner Luft	{ d. 6. "	2748	—
	{ d. 7. "	2733	15
In feuchter Luft	{ d. 7. "	2733	—
	{ d. 8. "	2710	23
In trockner Luft	{ d. 8. "	2710	—
	{ d. 9. "	2685,5	24,5

		Pflanze Nro. 495	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
In feuchter Luft	{ d. 4. August	2771	—
	{ d. 5. „	2767	4
In trockner Luft	{ d. 5. „	2767	—
	{ d. 6. „	2751	16
In feuchter Luft	{ d. 6. „	2751	—
	{ d. 7. „	2735	16
In trockner Luft	{ d. 7. „	2735	—
	{ d. 8. „	2684	51
In feuchter Luft	{ d. 8. „	2684	—
	{ d. 9. „	2652	32

Die mit dem ersten Ventilationsapparate verbundene Trockenflasche

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 4. August (frisch beschickt)	2651	—
d. 5. August	2758	107
d. 6. „	2809	51
d. 7. „	2838	29

Am 7. August wurde die matt gewordene Trockenflasche gegen eine frisch beschickte ausgewechselt:

d. 7. August	2127	—
d. 8. „	2180	53
d. 9. „	2200	20

Die mit dem zweiten Ventilationsapparate verbundene Anfeuchtungsflasche

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 4. August (frisch beschickt)	1664	—
d. 5. August	1632	32
d. 6. „	1596	36
d. 7. „	1554	42
d. 8. „	1473	81

Am 8. August wurde Wasser zugefüllt:

d. 8. August	1622	—
d. 9. „	1562	60

Bis dahin bestätigte das Verhalten der beiden Pflanzen durchaus die mit den Nummern 492 und 493 erhaltenen Resultate, denn wenn man die Verdunstung derselben zunächst ohne Rücksicht auf die Luftfeuchtigkeit zusammenstellt, so findet man für

	Nro. 494	Nro. 495
	g	g
d. 4. bis 5. August	10	4
d. 5. „ 6. „	7	16
d. 6. „ 7. „	15	16
d. 7. „ 8. „	23	51
d. 8. „ 9. „	24,5	32
	<hr/>	
d. i. in Sa.	79,5	119
Relatives Verhältnis = 100	:	150.

Nimmt man dagegen die Tage, an welchen Nro. 494 in trockner und Nro. 495 in feuchter Luft vegetierte, allein, so erhält man für

	Nro. 494	Nro. 495
	g	g
d. 4. bis 5. August	10	4
d. 6. „ 7. „	15	16
d. 8. „ 9. „	24,5	32
	<hr/>	
d. i. in Sa.	49,5	52
Relatives Verhältnis = 100	:	105.

Und betrachtet man umgekehrt die Tage für sich, an welchen Nro. 494 in feuchter und 495 in trockner Luft verweilte, so ergiebt sich für die Verdunstung von

	Nro. 494	Nro. 495
	g	g
d. 5. bis 6. August	7	16
d. 7. „ 8. „	23	51
	<hr/>	
d. i. in Sa.	30	67
Relatives Verhältnis = 100	:	223.

Während der Dauer des Versuchs waren die beiden Pflanzen noch weiter in ihrer Entwicklung auseinandergegangen und am 8. August glaubte man aus dem Aussehen der Pflanze Nro. 494 sogar auf den Anfang einer Erkrankung derselben schließen zu müssen. Dies bewog, die Nummer aus dem Versuche ganz zu entfernen und am 9. August an Stelle derselben die Nummer 496 einzuschieben, die der Nummer 495 in der Entwicklung ähnlicher, überdies mit der-

selben gleichalterig war und ein befriedigendes und normales Wachstum versprach.

Die mit diesen beiden Pflanzen von jetzt ab weiter beobachteten Verdunstungsverhältnisse in abwechselnd trockenerer und feuchterer Luft stellten sich wie folgt:

		Pflanze Nro. 496	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
In trockner Luft	{ d. 9. August	2933	—
	{ d. 10. „	2900,5	32,5
In feuchter Luft	{ d. 10. „	2900,5	—
	{ d. 11. „	2868	32,5
In trockner Luft	{ d. 11. „	2868	—
	{ d. 12. „	2817,5	50,5
In feuchter Luft	{ d. 12. „	2817,5	—
	{ d. 13. „	2776	41,5

Im Laufe des 14. August wurde die Pflanze begossen:

In trockner Luft	{ d. 14. August	2953	—
	{ d. 15. „	2936	17
In feuchter Luft	{ d. 15. „	2936	—
	{ d. 16. „	2919	17
In trockner Luft	{ d. 16. „	2919	—
	{ d. 19. „	2802	117
In feuchter Luft	{ d. 19. „	2802	—
	{ d. 21. „	2749	53

Am 22. August wurde wieder begossen:

In feuchter Luft	{ d. 22. August	2973	—
	{ d. 23. „	2947	26
In trockner Luft	{ d. 23. „	2947	—
	{ d. 25. „	2883	64

		Pflanze Nro. 495	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
In feuchter Luft	{ d. 9. August	2951	—
	{ d. 10. „	2911	40
In trockner Luft	{ d. 10. „	2911	—
	{ d. 11. „	2845	66

Pflanze Nro. 495

		wog	verdunstete Wasser
		g	g
In feuchter Luft	{ d. 11. August	2845	—
	{ d. 12. „	2787	58
In trockner Luft	{ d. 12. „	2787	—
	{ d. 13. „	2713	74
Im Laufe des 14. August wurde begossen:			
In feuchter Luft	{ d. 14. August	2945	—
	{ d. 15. „	2938,5	6,5
In trockner Luft	{ d. 15. „	2938,5	—
	{ d. 16. „	2919	19,5
In feuchter Luft	{ d. 16. „	2919	—
	{ d. 19. „	2847	72
In trockner Luft	{ d. 19. „	2847	—
	{ d. 21. „	2804	43
Am 22. August wieder begossen:			
In trockner Luft	{ d. 22. August	3081	—
	{ d. 23. „	3052	29
In feuchter Luft	{ d. 23. „	3052	—
	{ d. 25. „	3022	30

Die mit dem ersten Ventilationsapparate verbundene Trockenflasche

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 9. August	2200	—
d. 11. „	2225	25
d. 12. „	2228	3

wurde am 12. August durch eine andere, frisch beschickte ersetzt:

d. 12. August	2039,5	—
d. 13. „	2142	102,5
d. 14. „	2183	41

Die mit dem zweiten Ventilationsapparate verbundene Anfeuchtungsflasche

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 9. August	1742	—
d. 11. „	1542	200
d. 12. „	1448	94

Am 12. August wurde frisches Wasser zugefüllt:

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 12. August	1696	—
d. 13. „	1596	100
d. 14. „	1517	79

(Anderweitig drängende Beschäftigungen ließen uns das regelmäßige Wägen der zum Trocknen und Anfeuchten der in die Ventilationsapparate einströmenden Luft bestimmten Flaschen vom 15. August an vernachlässigen; doch wurden beide Apparate am 22. August noch einmal mit frischer Füllung versehen.)

Auch in dem Verhalten dieser beiden Pflanzen vermögen wir nur eine Bestätigung der Resultate zu sehen, die wir schon mit den beiden Nummern 492 und 493 erhielten; denn stellt man die verdunsteten Wassermengen, wie oben, zusammen, so erhält man zunächst für die ganze Versuchszeit, ohne Rücksicht auf die Luftfeuchtigkeit, die Zahlen von

	Nro. 496	Nro. 495
	g	g
d. 9. bis 10. August	32,5	40.
d. 10. „ 11. „	32,5	66
d. 11. „ 12. „	50,5	58
d. 12. „ 13. „	41,5	74
d. 14. „ 15. „	17	6,5
d. 15. „ 16. „	17	19,5
d. 16. „ 19. „	117	72
d. 19. „ 21. „	53	43
d. 22. „ 23. „	26	29
d. 23. „ 25. „	64	30
	d. i. in Sa. 451	438
	relatives Verhältnis = 100	: 97

Greift man dagegen die Tage heraus, an welchen Nro. 496 in relativ trockener und Nro. 495 in relativ feuchter Luft stand, so erhält man für

	Nro. 496	Nro. 495
	g	g
d. 9. bis 10. August	32,5	40
d. 11. „ 12. „	50,5	58
d. 14. „ 15. „	17	6,5
d. 16. „ 19. „	117	72
d. 23. „ 25. „	64	30
	d. i. in Sa. 281	206,5
	relatives Verhältnis = 100	: 73

und nimmt man umgekehrt die Tage allein, an denen Nro. 496 in feuchterer, Nro. 495 aber in trocknerer Luft verweilte, so ergibt sich für

	Nro. 496	Nro. 495
	g	g
d. 10. bis 11. August	32,5	66
d. 12. „ 13. „	41,5	74
d. 15. „ 16. „	17	19,5
d. 19. „ 21. „	53	43
d. 22. „ 23. „	26	29
	<hr/>	
d. i. in Sa. 170		231,5
relatives Verhältnis = 100	:	136.

Sprechen sich sonach alle die Versuche, in welchen die Pflanzen abwechselnd bald in trocknere, bald in feuchtere Luft gebracht wurden, ganz übereinstimmend dafür aus, daß die Luftfeuchtigkeit einen sehr bemerkenswerten Einfluß auf die Größe der Verdunstung ausübt, so erwuchs uns daraus um so stärker die Verpflichtung, für die oben erwähnte auffällige Beobachtung eine Erklärung zu suchen, daß in den beiden ersten Versuchen die Nummern 488, 489 und 490, 491 bei konstantem Verweilen in trockner, resp. feuchter Luft nur in den ersten Versuchstagen einen bedeutenden Unterschied in der Wasserausgabe bemerken ließen, während dieser Unterschied in kurzem bis auf ein ganz geringes Maß herunter ging, oder ganz verschwand.

Bei näherer Erwägung der Verhältnisse mußte sich allerdings zunächst der Verdacht rege machen, daß die Unvollkommenheiten der Versuchsmethode, besonders die nachlässige Beschickung der Trockenflaschen Anteil an dem Resultate habe. (In dem ersten Versuche wurde die Trockenflasche gar nicht, in dem zweiten nur einmal erneuert, obwohl die Wägungen zeigten, daß die Wirkung derselben ziemlich schnell nachliefs.) Immerhin aber erhielt sich wenigstens die Anfeuchtungsflasche dauernd in Kraft und daß die Luftfeuchtigkeit in den verglichenen Ventilationsapparaten stets verschieden war, beweist hinlänglich der Umstand, daß sich in der von angefeuchteter Luft durchströmten Glocke zeitweise tropfbar flüssige Niederschläge erzeugten, während die andere Glocke ausnahmslos trocken blieb.

Dann hätte man vielleicht argwöhnen dürfen, daß durch das längere Verweilen der Pflanzen in doch nicht ganz normalen Ver-

hältnissen die Vegetation überhaupt ungünstig beeinflusst und damit auch der gewöhnliche Gang der Verdunstung verändert werden konnte. Gegen diese Ansicht aber sprach das ganze Aussehen und Verhalten der Pflanzen, sowie besonders das nach dem Schlusse der Versuche ermittelte Trockengewicht derselben.

Jedenfalls mußte eine nochmalige Wiederholung der Versuche mit einer sorgfältigeren Behandlung der zur Regulierung der Luftfeuchtigkeit bestimmten Apparate Aufschluß über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieser Verdachtsmomente ergeben.

Sollten die Resultate eines solchen Experimentes für die unsrer ersten beiden Versuche bestätigend ausfallen, so gab vielleicht folgendes Raisonement eine Erklärung dafür:

Besteht bei einer Pflanze, so lange sie in Luft von einem mittleren Feuchtigkeitsgrade verweilt, zwischen dem durch die Blätter verdunsteten und dem durch die Wurzeln zugeführten Wasser Gleichgewicht, so kann dieses dadurch, daß man die Pflanze in eine relativ trocknere Luft bringt und damit die Verdunstung beschleunigt, ebenso wie dadurch, daß man sie in eine relativ feuchtere Luft versetzt und dadurch die Verdunstung hemmt, gestört werden. Im ersteren Falle würde im Innern der Zellen allmählich ein abnorm niedriger, im letzteren ein abnorm hoher Spannungszustand entstehen müssen, und es erschien nicht ganz undenkbar, daß ein solch verschiedener Spannungszustand die Verdunstung im entgegengesetzten Sinne zur Luftfeuchtigkeit beeinflussen und selbst bis zur allmählichen Ausgleichung der Verdunstungsgröße führen könne.

Traf dieser Erklärungsversuch das Rechte, so mußten natürlich auch die in trockner Luft einige Zeit lang vegetierenden Pflanzen sich bald wasserärmer und die in feuchter Luft wachsenden wasserreicher zeigen. Das aber liefs sich leicht experimentell feststellen.

Auf dieser Kalkulation basierten die folgenden zwei Versuche, die wir im Jahre 1873 durchführten.

Acht kleine Vegetationsgefäße derselben Art, wie die zu den vorhergehenden Versuchen benutzten, wurden mit Quarzstücken und Baumwolle drainiert, und dabei sämtlich auf das gleiche Gewicht von 820 g gebracht. Dann wurden dieselben mit je 1747 g lufttrock-

nem Boden aus dem Garten der Versuchsstation (mit 2,68 Proz. Feuchtigkeit, also = 1700 g trockenem Boden) beschickt und am 22. Mai 1873 mit je 4 Gerstenkörnern angesät.

Die Qualität der benutzten Samen war:

Spezifisches Gewicht zwischen	1,20	und	1,22
Absolutes	„	„	30 „ 36 mg.

Als es die jungen Pflänzchen bis zur Entfaltung des zweiten Blattes gebracht hatten, wurde überall die schwächste derselben fortgeschnitten, so daß in jedem Gefäße nur drei Pflanzen stehen blieben und dann schloß man die Verdunstung des Wassers aus dem Boden durch Aufkitten von in Paraffin getränkten Holzdeckeln ab. Das Maß der Bodenfeuchtigkeit wurde für die ganze Vegetationszeit auf 70 zu 30 Proz. der wasserfassenden Kraft normiert und demnach war das Gewicht der Gefäße während der Versuche innerhalb folgender Grenzen zu halten:

Gefäße nebst Steindrainage	820 g
Trockner Boden	1700 „
Schutzdeckel etc.	10 „
Wasser zwischen	500 und 204 g
Totalgewicht zwischen 3030 und 2734 g	

Die Gefäße hatten zunächst ihren Standort auf dem Vegetationswagen gefunden und dort verbrachten die jungen Gerstpflanzen die ersten vier Wochen ihres Lebens unter gewöhnlichen Verhältnissen größtenteils im Freien. Leider war ihre Entwicklung eine so ungleichmäßige, daß es, als man die Versuche über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Verdunstung beginnen wollte, unmöglich war, obgleich acht Gefäße zur Auswahl vorhanden waren, zwei davon herauszufinden, die vollkommen gleich bestanden waren. Man suchte sich nun zwar so gut es gehen wollte dadurch zu helfen, daß man die Nummern 497 und 498, welche noch die geringste Verschiedenheit zeigten, herausgriff und von diesen (jede war ja mit drei Pflanzen bestanden) die in der Entwicklung am meisten ausweichende Pflanze wegschnitt — von Nro. 497 wurde die stärkste, von Nro. 498 die schwächste fortgenommen —, aber man erreichte auch hiermit keinen vollständigen Ausgleich; die beiden Pflanzen der Nro. 498 standen sichtlich denen der Nro. 497 an Vollkommenheit etwas nach.

In Ermangelung anderen Materials und mit dem Troste, daß

der Unterschied sich in mäßigen Grenzen hielt, wurde mit den beiden Nummern am 26. Juni der Versuch der Art in Gang gesetzt, daß man die Nummer 497 in einen Ventilationsapparat, der mit einer Trockenflasche verbunden war, und die Nummer 498 in einen solchen, dem man eine Anfeuchtungsflasche angefügt hatte, einbrachte und sie darin drei Wochen lang ungestört beliefs.

Die Beobachtung der Verdunstung während dieser Zeit ergab die nachstehenden Zahlen:

		Nro. 497	
		in relativ trockner Luft	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 26. Juni	1 h. p. m.	3018	—
d. 27. „	8 h. a. m.	2993	25
d. 28. „	8 h. a. m.	2951	42
d. 29. „	8 h. a. m.	2918	33
d. 30. „	8 h. a. m.	2865	53

Am 30. Juni vormittags wurden die Pflanzen begossen:

d. 30. Juni	12 h. m.	3006	—
d. 1. Juli	8 h. a. m.	2942	64
d. 2. „	9 h. a. m.	2870	72
d. 3. „	8 h. a. m.	2835	35
d. 4. „	8 h. a. m.	2789	46
d. 5. „	8 h. a. m.	2710	79

Am 5. Juli wiederum begossen:

d. 5. Juli	1 h. p. m.	2991	—
d. 6. „	8 h. a. m.	2953	38
d. 7. „	8 h. a. m.	2862	91
d. 8. „	8 h. a. m.	2797	65
d. 9. „	8 h. a. m.	2715	82

Am 9. Juli vormittags begossen:

d. 9. Juli	4 h. p. m.	2985	—
d. 10. „	9 h. a. m.	2954	31
d. 11. „	8 h. a. m.	2880	74
d. 12. „	8 h. a. m.	2774	106
d. 13. „	9 h. a. m.	2663	111

Am 13. Juli begossen:

d. 13. Juli	4 h. p. m.	3023	—
d. 14. „	8 h. a. m.	2998	25
d. 15. „	8 h. a. m.	2960	98
d. 16. „	8 h. a. m.	2866	34
d. 17. „	8 h. a. m.	2837	29

Nro. 498
in relativ feuchter Luft

	wog	verdunstete Wasser
	g	g
d. 26. Juni 1 h. p. m.	3007	—
d. 27. „ 8 h. a. m.	2994	13
d. 28. „ 8 h. a. m.	2978	16
d. 29. „ 8 h. a. m.	2965	13
d. 30. „ 8 h. a. m.	2931	34

Am 30. Juni wurden die Pflanzen begossen:

d. 30. Juni 12 h. m.	3005	—
d. 1. Juli 8 h. a. m.	2975	30
d. 2. „ 9 h. a. m.	2932	43
d. 3. „ 8 h. a. m.	2914	18
d. 4. „ 8 h. a. m.	2901	13
d. 5. „ 8 h. a. m.	2840	61
d. 5. Juli 1 h. p. m.	2815	—
d. 6. „ 8 h. a. m.	2792	23
d. 7. „ 8 h. a. m.	2742	50
d. 8. „ 8 h. a. m.	2703	39
d. 9. „ 8 h. a. m.	2655	48

Am 9. Juli wurde begossen:

d. 9. Juli 4 h. p. m.	3007	—
d. 10. „ 9 h. a. m.	2991	16
d. 11. „ 8 h. a. m.	2945	46
d. 12. „ 8 h. a. m.	2875	70
d. 13. „ 9 h. a. m.	2807	68

Am 13. Juli begossen:

d. 13. Juli 4 h. p. m.	2943	—
d. 14. „ 8 h. a. m.	2930	13
d. 15. „ 8 h. a. m.	2868	62
d. 16. „ 8 h. a. m.	2851	17
d. 17. „ 8 h. a. m.	2833	18

Die mit dem ersten Ventilationsapparate verbundene Trockenflasche

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 26. Juni (frisch beschickt)	2614	—
d. 27. Juni	2705	91
d. 28. „	2817	112
d. 29. „	2896	79
d. 30. „	2931	35

Wurde am 30. Juni gegen eine neu beschickte ausgewechselt:

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 30. Juni	2380	—
d. 1. Juli	2519	139
d. 2. „	2610	91
d. 3. „	2674	64

Am 3. Juli wieder durch eine frisch beschickte ersetzt:

d. 3. Juli	2397	—
d. 4. „	2548	151
d. 5. „	2619	71
d. 6. „	2648	29

Am 6. Juli wiederum ausgewechselt:

d. 6. Juli	2402	—
d. 7. „	2562	160
d. 8. „	2634	72
d. 9. „	2658	24

Am 9. Juli wiederum durch eine frisch beschickte Flasche ersetzt:

d. 9. Juli	2559	—
d. 10. „	2681	122
d. 11. „	2762	81
d. 12. „	2790	28

Am 12. Juli die Flasche erneuert:

d. 12. Juli	2336	—
d. 13. „	2511	175
d. 14. „	2573	62

Am 14. Juli frisch beschickt:

d. 14. Juli	2352	—
d. 15. „	2493	141
d. 16. „	2572	79
d. 17. „	2611	39

Die mit dem zweiten Ventilationsapparate verbundene Anfeuchtungsflasche

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 26. Juni	1598	—
d. 27. „	1558	40
d. 28. „	1528	30
d. 29. „	1496	32
d. 30. „	1435	61

Wurde am 30. Juni neu beschickt:

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 30. Juni	1609	—
d. 1. Juli	1544	65
d. 2. „	1466	78
Am 2. Juli neu beschickt:		
d. 2. Juli	1669	—
d. 3. „	1637	32
d. 4. „	1617	20
d. 5. „	1534	83
Am 5. Juli frisch beschickt:		
d. 5. Juli	1634	—
d. 6. „	1560	74
d. 7. „	1489	71
Am 7. Juli frisch beschickt:		
d. 7. Juli	1672	—
d. 8. „	1619	53
d. 9. „	1534	85
Am 9. Juli frisch beschickt:		
d. 9. Juli	1672	—
d. 10. „	1644	28
d. 11. „	1580	64
d. 12. „	1466	114
Am 12. Juli wiederum erneuert:		
d. 12. Juli	1681	—
d. 13. „	1577	104
Am 13. Juli neu beschickt:		
d. 13. Juli	1683	—
d. 14. „	1668	15
d. 15. „	1573	95
d. 16. „	1532	40
d. 17. „	1492	40

Diese Resultate — die ausnahmslos größeren Verdunstungszahlen der Nummer 497 — beweisen mit hinreichender Deutlichkeit, daß der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Verdunstung sich unter allen Umständen geltend macht, und auch durch ein längeres Verweilen der Pflanzen in feuchter resp. trockner Luft und die dadurch eventuell veränderten Spannungszustände im Innern der Zellen nicht aufgehoben wird.

Ebenso beweist die Höhe der Differenz, die hier zwischen der Verdunstungsenergie der beiden Nummern 497 und 498 auftritt, wie uns dünkt, hinlänglich, daß dieselbe nicht auf die eingangs hervor gehobene mäfsige Ungleichheit in der Entwicklung der Versuchsobjekte zurückzuführen sei.

Um aber jeden Zweifel, der etwa aus dem letzteren Umstande hergeleitet werden könnte, zu beseitigen, liefs man am 17. Juli die beiden Gefäfsse ihren Standort unter den Ventilationsapparaten wechseln und beobachtete sie noch eine Woche lang unter den umgekehrten Verhältnissen. Man fand:

		Nro. 498	
		in relativ trockner Luft	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 17. Juli	8 h. a. m.	2833	—
d. 18. "	8 h. a. m.	2768	65
d. 19. "	8 h. a. m.	2705	63
Am 19. Juli wurde begossen:			
d. 19. Juli	1 h. p. m.	3019	—
d. 20. "	8 h. a. m.	2994	25
d. 21. "	8 h. a. m.	2968	26
d. 22. "	9 h. a. m.	2938	30
d. 23. "	9 h. a. m.	2862	76

		Nro. 497	
		in relativ feuchter Luft	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 17. Juli	8 h. a. m.	2837	—
d. 18. "	8 h. a. m.	2810	27
d. 19. "	8 h. a. m.	2762	48
Am 19. Juli wurde begossen:			
d. 19. Juli	1 h. p. m.	2966	—
d. 20. "	8 h. a. m.	2957	9
d. 21. "	8 h. a. m.	2941	16
d. 22. "	9 h. a. m.	2928	13
d. 23. "	9 h. a. m.	2859	69

Das mit dem ersten Ventilationsapparate verbundene Trocken-
gefäßs

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 17. Juli (frisch beschickt)	2455	—
d. 18. Juli	2598	143
d. 19. „	2678	80

Am 19. Juli durch ein frisch beschicktes ersetzt:

d. 19. Juli	2607	—
d. 20. „	2736	129
d. 21. „	2852	116
d. 22. „	2918	66

Am 22. noch einmal erneuert:

d. 22. Juli	2420	—
d. 23. „	2588	168

Die mit dem zweiten Ventilationsapparate verbundene An-
feuchtungsflasche

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 17. Juli (frisch beschickt)	1687	—
d. 18. Juli	1623	59
d. 19. „	1533	95

Wurde am 19. Juli mit frischem Wasser versehen:

d. 19. Juli	1693	—
d. 20. „	1658	35
d. 21. „	1630	28
d. 22. „	1599	31
d. 23. „	1505	94

Um einen bequemeren Überblick über diese Resultate zu bieten,
stellen wir die von den beiden Nummern während der ganzen Ver-
suchsdauer ausgegebenen Wassermengen einfach nebeneinander und
erhalten dadurch folgendes Bild:

Es verdunsteten Wasser:

	Nro. 497	Nro. 498
	in trockner Luft	in feuchter Luft
	g	g
d. 26. bis 27. Juni	25	13
d. 27. „ 28. „	42	16
d. 28. „ 29. „	33	13
d. 29. „ 30. „	53	34
d. 30. Juni bis 1. Juli	64	30
d. 1. „ „ 2. „	72	43
d. 2. „ „ 3. „	35	18
d. 3. „ „ 4. „	46	13
d. 4. „ „ 5. „	79	61
d. 5. „ „ 6. „	38	23
d. 6. „ „ 7. „	91	50
d. 7. „ „ 8. „	65	39
d. 8. „ „ 9. „	82	48
d. 9. „ „ 10. „	31	16
d. 10. „ „ 11. „	74	46
d. 11. „ „ 12. „	106	70
d. 12. „ „ 13. „	111	68
d. 13. „ „ 14. „	25	13
d. 14. „ „ 15. „	98	62
d. 15. „ „ 16. „	34	17
d. 16. „ „ 17. „	29	18
d. i. in Sa. 1233		719
Relatives Verhältniß = 100	:	58

	Nro. 497	Nro. 498
	in feuchter Luft	in trockner Luft
	g	g
d. 17. bis 18. Juli	27	65
d. 18. „ 19. „	48	63
d. 19. „ 20. „	9	25
d. 20. „ 21. „	16	26
d. 21. „ 22. „	13	30
d. 22. „ 23. „	69	76
d. i. in Sa. 182		285
Relatives Verhältniß = 100	:	157

Nach Beendigung der Versuche liefs man die beiden Nummern unter gewöhnlichen Verhältnissen im Freien noch vollständig ausreifen und erhielt schliesslich bei der Ernte derselben folgende Details.

Jedes Kulturgefafs war mit zwei Pflanzen bestanden, von denen die eine nur einen kräftigen ährentragenden Haupthalm und daran

einen unfruchtbar gebliebenen Seitensprofs, die andere aber zwei mit Ähren besetzte etwas schwächere Halme und ebenfalls einen unfruchtbaren Nebentrieb besafs:

	Bei Nro. 497	Bei Nro. 498
Die Länge dieser Organe von der Bodenoberfläche bis zur Spitze der Grannen resp. der letzten Blattscheide betrug	{ 69 68 70 48 u. 30 cm	{ 93 88 39 33 u. 12 cm
An den Ähren wurden gezählt Ährchen	{ 48 39 33 in Sa. 120	{ 42 39 21 in Sa. 102
„ „ „ „ „ ausgebildete Samen	{ 33 22 20 in Sa. 75	{ 32 19 4 in Sa. 55
Die produzierte Trockensubstanz wog an Stroh . .	3100 mg	2627 mg
„ „ „ „ „ Spreu . .	441 „	470 „
„ „ „ „ „ Körnern	2445 „	1820 „
	in Sa. 5986 mg	4917 mg
Das relative Verhältnis der einzelnen Organe (in Sa. = 100 gesetzt) stellte sich und zwar	Stroh : Spreu : Körner = 51,8:7,4:40,8 53,4:9,6:37,0	
Je ein Same wog durchschnittlich (trocken)	33 mg	33 mg

Alle diese Daten lassen nicht den geringsten Zweifel übrig, dafs die Resultate unserer beiden zuerst angeführten Versuche Nro. 488, 489 und Nro. 490, 491 wegen mangelhafter Beschickung der Trockensapparate, vielleicht auch mit wegen nicht ganz normaler Beschaffenheit der benutzten Pflanzen trügerisch waren, und dafs die Versuche als verfehlt zu kassieren sind.

Trotzdem aber geben wir noch ein paar Bestimmungen über den Wassergehalt einiger Pflanzen, die teils in feuchter, teils in trockner Luft vegetiert hatten. Die Zahlen bestätigen nicht nur das eben gefällte Urteil, sondern sind auch wohl an sich schon nicht ganz ohne Interesse.

Von den acht Reservegefäfsen, die uns schon die Objekte zu dem vorigen Versuche geliefert hatten (s. S. 488), suchten wir uns eins, Nro. 499, aus, welches drei zwar eher ärmlich als üppig, aber doch gesund, normal und unter sich sehr gleichmäfsig entwickelte Gerstpflanzen trug.

Die eine von diesen Pflanzen wurde geerntet, sofort in ein tariertes Trockengläschen gesperrt und zu einer Wasserbestimmung verwendet.

Dies geschah am 26. Juni 1 Uhr nachmittags; bis dahin hatte das Gefäß unter den übrigen auf dem Transportwagen je nach der Witterung teils im Freien, teils im Glashause gestanden.

Vom 26. bis 27. Juni 1 Uhr mittags wurde dann Nro. 499 mit den zwei restierenden Pflanzen unter die farblose Glocke eines Ventilationsapparates gebracht, durch den man angefeuchtete Luft strömen liefs, und am 27. Juni mittags 1 Uhr erntete man die zweite Pflanze zur Wasserbestimmung.

Am 27. Juni endlich wurde das Vegetationsgefäß mit der letzten Pflanze unter die Glocke eines andern Ventilationsapparates, durch welchen getrocknete Luft geleitet wurde, übergeführt, verblieb dort bis zum 28. Juni mittags 1 Uhr und lieferte dann die dritte Pflanze zur Wasserbestimmung.

Es hatten also von den drei Pflanzen a., b. und c. immer 24 Stunden lang vor ihrem Tode a. in Luft von mittlerem, b. von hohem und c. von niedrigem Feuchtigkeitsgrade gelebt.

Ganz ebenso wurde mit den drei Pflanzen eines andern der acht Reservegefäße, Nro. 500, verfahren, nur mit dem Unterschiede, dafs hier die zweite Pflanze vor ihrem Tode in getrocknete und die dritte in angefeuchtete Luft gebracht wurde.

Die drei Pflanzen der Nro. 500 waren viel stärker, als die der Nro. 499, geradezu üppig entwickelt und leider unter sich nicht ganz gleich, doch hielten sich die Unterschiede in mäfsigen Grenzen.

		Nro. 499	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
In feuchter Luft mit zwei Pflanzen:			
	d. 26. Juni 1 h. p. m.	3026	—
	d. 27. „ 1 h. p. m.	3010	16
In trockner Luft mit einer Pflanze:			
	d. 27. Juni 1 h. p. m.	3006	—
	d. 28. „ 1 h. p. m.	2997	9

Das mit dem ersten Ventilationsapparate verbundene Anfeuchtungsgefäß

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 26. Juni	1476	—
d. 27. „	1420	56

Das mit dem zweiten Ventilationsapparate verbundene Trocken-
gefäßs

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 27. Juni	2650	—
d. 28. „	2749	99

Nro. 500

	wog	verdunstete Wasser
	g	g
In trockner Luft mit zwei Pflanzen:		
d. 26. Juni 1 h. p. m.	3018	—
d. 27. „ 1 h. p. m.	2938	80
In feuchter Luft mit einer Pflanze:		
d. 27. Juni 1 h. p. m.	2924	—
d. 28. „ 1 h. p. m.	2919	5

Die mit dem ersten Ventilationsapparate verbundene Trocken-
flasche

	wog	hatte Wasser angezogen
	g	g
d. 26. Juni	2540	—
d. 27. „	2650	110

Die mit dem zweiten Ventilationsapparate verbundene An-
feuchtungsflasche

	wog	hatte Wasser abgegeben
	g	g
d. 27. Juni	1420	—
d. 28. „	1406	14

Bei den Bestimmungen des Wassergehaltes der einzeln geern-
teten Pflanzen fand man:

Aus	Pflanze	geerntet am	Luft- feuchtigkeit am letzten Lebenstage	Gewicht der Pflanze		Wassergehalt derselben	
				frisch g	trocken g	g	Proz.
Nro. 499.	a.	26./6.	mittel	3,426	0,608	2,818	82,22
	b.	27./6.	feucht	3,324	0,687	2,637	79,33
	c.	28./6.	trocken	3,367	0,652	2,715	80,63
Nro. 500.	a.	26./6.	mittel	10,400	1,719	8,681	83,47
	b.	27./6.	trocken	14,733	2,509	12,224	82,96
	c.	28./6.	feucht	13,278	2,471	10,807	81,39

Aus der Beschreibung der Details des vorhergehenden Versuchs wird man sich vielleicht erinnern, daß wir von den beiden Versuchsnummern 497 und 498, unmittelbar ehe sie unter die Ventilationsapparate gebracht wurden, um ihren Pflanzenbestand soviel als möglich auszugleichen, je eine Pflanze weggeschnitten hatten*).

Es geschah dies ebenfalls am 26. Juni mittags und es erschien uns eine ganz erwünschte Gelegenheit, diese beiden Pflanzen noch mit zur Wasserbestimmung heranziehen zu können.

Dieselben hatten bis zu ihrem Tode in gewöhnlicher atmosphärischer Luft gestanden und gaben:

	Gewicht der ganzen Pflanze		Wassergehalt derselben	
	frisch	trocken	g	Proz.
Stärkere Pflanze aus Nro. 497.	11,250	2,238	9,012	80,10
Schwächere „ „ „ 498.	6,587	1,157	5,430	82,43

Auf eine Änderung in dem Zustande des Zellsaftes in Folge der größeren oder geringeren Verdunstung deuten alle diese Zahlen sicherlich nicht, und wir dürfen wohl aus der ganzen Gruppe der hierher gehörigen Versuche Summa Summarum den Schluß ziehen:

Die relative Feuchtigkeit der Luft beeinflusst die Größe der Verdunstung der Pflanze in hohem Grade; unter Umständen kann die Wasserausgabe in trockner Luft um das Doppelte über das mitt-

*) Siehe S. 489.

lere Maß hinaus gesteigert und in feuchter Luft um die Hälfte darunter vermindert werden.

Diese Änderung der Verdunstungsgröße übt aber keinen Einfluß auf die physiologischen Funktionen der Pflanzen, auf ihre Produktion und Gesamtentwicklung aus, so lange die Bodenfeuchtigkeit innerhalb normaler und günstiger Grenzen erhalten wird.

C. Bewegung der Luft.

Wenn Wärme und die relative Luftfeuchtigkeit eine bedeutende Einwirkung auf die Energie der Verdunstung ausüben, so darf man von vornherein annehmen, daß auch eine mehr oder minder rasche Bewegung der Luft nicht ganz ohne Einfluß auf dieselbe ist.

Auch über die Kraft dieses Faktors uns wenigstens eine allgemeine Idee zu verschaffen, hatten wir noch einen besondern Grund.

Der schwächste Punkt unserer Ventilationsapparate lag offenbar darin, daß wir bei denselben nicht die Möglichkeit hatten, die Quantität der durch sie hindurchgegangenen Luft zu bestimmen und daß sie nur in geringem Grade erlaubten, die Menge der durchströmenden Luft einigermaßen genau zu regulieren.

Was in dieser Beziehung möglich war, suchten wir dadurch zu erreichen, daß wir darnach strebten, die Stärke sämtlicher Flammen in allen unseren Ventilationsapparaten so zu halten, daß sie in einer gegebenen Zeit gleich viel Petroleum konsumierten.

Nach längerer Übung gelang dies auch ganz leidlich, kleinere Abweichungen konnten aber doch nicht immer vermieden werden, und es mußte uns erwünscht sein, bestimmter zu erfahren, ob durch dieselben ein bemerkenswerter Beobachtungsfehler in unsere Verdunstungsversuche eingeführt werden könne.

Nach beiden Richtungen sollte folgendes Experiment Aufklärung verschaffen.

An einem unserer Ventilationsapparate wurde die Flamme so hoch gestellt, als dies ohne Rußbildung hervorzurufen überhaupt möglich war.

An einem zweiten wurde sie entgegengesetzt so klein gemacht,

als man nur durfte, ohne beim Verweilen des Apparates im Freien ein Verlöschen derselben befürchten zu müssen.

Die erste Lampe konsumierte bei dieser Behandlung etwas über einhalbmahl mehr Petroleum, als bei gewöhnlichem Stande, die letztere verbrauchte etwa die Hälfte weniger, als unsere anderen Lampen.

Der Kürze halber werden wir uns für beide in der Folge des Ausdrucks „doppelte Flamme“ und „halbe Flamme“ bedienen.

Unter diese Apparate wurden am 13. Juli 1871 zwei mit Gerstpflanzen bestandene Kulturgefäße — Nro. 501 und 502 — gebracht, die zu einer kurzen Beobachtung der Verdunstung in stärker und geringer bewegter Luft dienen sollten.

Die Nummern 501 und 502 waren Schweslerpflanzen der Nummern 492 und 493 und hatten ganz die gleiche Vorgeschichte wie jene*).

Als das Experiment begann, waren die Versuchspflanzen schon weit im Wachstume vorgeschritten und standen in der Periode der beginnenden Körnerbildung.

Obleich jede derselben zwei ährentragende Halme und einen unfruchtbaren Seitentrieb produziert hatte, konnten sie in ihrer Entwicklung doch nicht als gleich gelten; Nro. 501 war vielmehr entschieden schwächer als Nro. 502; wir glaubten aber trotzdem dieselben zum Versuche verwenden zu dürfen, weil wir beschlossen hatten, nicht die eine dauernd in schwachem und die andere dauernd in starkem Luftzuge wachsen zu lassen, sondern die Pflanzen unter den beiden Ventilationsapparaten täglich gegeneinander auszuwechseln, und nur das relative Verhältnis der Verdunstungsgröfse beider unseren Schlüssen zu Grunde zu legen.

*) Siehe S. 476 und 466.

Datum	Luftbewegung im Ventilations- apparate	Nro. 501	
		wog g	verdunstete Wasser g
d. 13. Juli *)	} doppelte Flamme	{ 2968	—
d. 14. "		{ 2946	22
d. 14. "	} halbe Flamme	{ 2946	—
d. 15. "		{ 2918	28
d. 15. "	} doppelte Flamme	{ 2918	—
d. 16. "		{ 2894	24
d. 16. "	} halbe Flamme	{ 2894	—
d. 17. "		{ 2869	25
d. 17. "	} halbe Flamme	{ 2869	—
d. 18. "		{ 2844	25
d. 18. "	} doppelte Flamme	{ 2844	—
d. 19. "		{ 2814	30

Datum	Luftbewegung im Ventilations- apparate	Nro. 502	
		wog g	verdunstete Wasser g
d. 13. Juli	} halbe Flamme	{ 3080	—
d. 14. "		{ 3044	36
d. 14. "	} doppelte Flamme	{ 3044	—
d. 15. "		{ 3000	44
d. 15. "	} halbe Flamme	{ 3000	—
d. 16. "		{ 2965	35
d. 16. "	} doppelte Flamme	{ 2965	—
d. 17. "		{ 2924	41
d. 17. "	} doppelte Flamme	{ 2924	—
d. 18. "		{ 2881	43
d. 18. "	} halbe Flamme	{ 2881	—
d. 19. "		{ 2841	40

Es verdunsteten mithin ohne Rücksicht auf den Luftzug während der sechs Versuchstage in Summa:

*) Die Wägungen wurden jedesmal 8 Uhr vormittags vorgenommen.

Wasser.

	Nro. 501	Nro. 502
	g	g
d. 13. bis 14. Juli	22	36
d. 14. „ 15. „	28	44
d. 15. „ 16. „	24	35
d. 16. „ 17. „	25	41
d. 17. „ 18. „	25	43
d. 18. „ 19. „	20	40
	<hr/>	
d. i. in Sa. 154		239
relatives Verhältniß = 100	:	155

dagegen gaben an den drei Tagen, an welchen Nro. 501 in starkem, Nro. 502 in schwachem Luftzuge stand, an Wasser aus:

	Nro. 501	Nro. 502
	doppelte Flamme	halbe Flamme
	g	g
d. 13. bis 14. Juli	22	36
d. 15. „ 16. „	24	35
d. 18. „ 19. „	30	40
	<hr/>	
d. i. in Sa. 76		111
relatives Verhältniß = 100	:	146

und an den drei Tagen, an welchen umgekehrt die Nro. 502 dem starken und Nro. 501 dem schwachen Luftzuge ausgesetzt war:

	Nro. 501	Nro. 502
	halbe Flamme	doppelte Flamme
	g	g
d. 14. bis 15. Juli	23	44
d. 16. „ 17. „	25	41
d. 17. „ 18. „	25	43
	<hr/>	
d. i. in Sa. 73		128
relatives Verhältniß = 100	:	164.

Bei der bemerkenswerten Gleichmäßigkeit, welche sich hier während der ganzen Versuchsdauer in der Verdunstung kundgab, glaubten wir die wenigen Zahlen für genügend ansehen zu dürfen, um zu beweisen, daß die Wasserausgabe der Pflanzen allerdings auch durch die Stärke des Luftzugs mit beeinflusst werde, daß aber dieser Faktor den beiden anderen — Wärme und Luftfeuchtigkeit — an Kraft weit nachstehe.

Andererseits glaubten wir auf Grund der geringen Abweichungen von der mittleren Verdunstungsgröße, welche hier durch die zwei unter sich so verschieden als nur möglich gemachten Flammen hervorgerufen worden war, die Furcht als vollkommen unbegründet zurückweisen zu dürfen, daß durch die unvermeidlichen kleinen Ungleichheiten in den Flammen unserer Ventilationsapparate ein beachtenswerter Beobachtungsfehler in die Resultate der übrigen Versuchsreihen eingeführt werden konnte.

Anhangsweise bemerken wir hier noch, daß wir überall da, wo sonst nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist, unsere Flammen so regulierten, daß sie innerhalb 24 Stunden je 320 g Petroleum konsumierten.

Wir halten es nicht für möglich, aus dieser Angabe die Menge der in gleicher Zeit durch unsere Apparate gesogenen Luft zu berechnen.

Wenn man aber sich daran erinnert, daß unsere Flammen so reguliert waren, daß sie stets ohne Rußbildung brannten, und wenn man weiter annimmt, daß zur vollständigen Verbrennung von 1 g Petroleum 3,4 g Sauerstoff erforderlich sind, sowie daß die atmosphärische Luft rund 21 Proz. Sauerstoff enthält, so wird man auf Grund des Petroleumverbrauchs wenigstens soviel behaupten dürfen, daß innerhalb 24 Stunden einen jeden unserer Ventilationsapparate mehr als 5200 g oder 4000 l atmosphärischer Luft durchströmten.

D. L i c h t.

Unsere Versuche über den Einfluß des Lichtes auf die Transpiration der Pflanzen können vielleicht noch weniger vor den Augen einer strengen Kritik bestehen, als die über den Einfluß der Wärme, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung soeben mitgeteilt.

Wir würden auch die Wiedergabe derselben hier gänzlich unterdrücken, wenn wir nicht glaubten, es liefse sich wenigstens soviel aus unseren Beobachtungen ersehen, daß wir berechtigt waren, bei der für unsere Kulturen getroffenen Anordnung und bei dem speziellen Zwecke, den dieselben verfolgten, den eventuellen Einfluß des Lichtes auf die Verdunstung unberücksichtigt zu lassen.

So mögen dieselben noch Platz finden.

Wir hatten die Absicht, die Änderungen zu beobachten, welche der normale Gang der Transpiration einmal in gedämpftem und das andere Mal in farbigem Lichte erleidet.

Zu ersterem Behufe versuchten wir zunächst eine farblose Glocke aus einem der Ventilationsapparate durch Fluorwasserstoffsäure im Innern matt zu ätzen. Der Erfolg entsprach aber so wenig unseren Wünschen, daß wir es vorzogen, eine andere auf ihrer Außenseite mit einem Zinkweißfirnis zu überziehen. Der Anstrich wurde so dünn aufgetragen, daß er nur einen leichten Schleier über das Glas bildete und eine unter der Glocke stehende Pflanze in allen Teilen deutlich erkennen liefs.

Unter die so vorbereitete Glocke eines Ventilationsapparates und unter die andere nicht angestrichene eines zweiten wurden am 13. Juli zwei Gerstpflanzen gebracht, die allerdings schon Ähren trugen und in der Periode der Körnerentwicklung standen, deren sämtliche Organe aber mit Ausnahme der beiden untersten Blätter noch vollständig grün und lebensfähig waren.

Die beiden Pflanzen Nro. 503 und 504 waren Schwestern der Nummern 488 und 489*).

Die Gewichtsverhältnisse der beiden Gefäße waren wie folgt notiert:

	Nro. 503
	g
Das leere Gefäß nebst Steindrainage wog	802
Glasröhre nebst Verschlussdeckel und Kitt	13
Der eingefüllte Gartenboden trocken	1662
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) . .	419—140
Das Gesamtgewicht sollte also während der Vegetationszeit schwanken von	2896—2617
	Nro. 504
	g
Das leere Gefäß nebst Steindrainage wog	796
Glasröhre nebst Verschlussdeckel etc.	40
Der eingefüllte Gartenboden trocken	1739
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft)	438—146
Gesamtgewicht während der Vegetationszeit	3013—2721

*) Über die Vorgeschichte derselben vgl. S. 466.

Die Pflanze Nro. 503 besafs, als sie zu dem Versuche herangezogen wurde, neben dem Haupthalme noch einen gut entwickelten Nebenhalm — beide mit schlanken kräftigen Ähren — und einen unfruchtbaren Seitentrieb; die Pflanze Nro. 504 hatte aufer dem Haupthalme noch drei Nebenhalm gebildet, welche sämtlich Ähren trugen.

Da man bei dieser Ungleichheit der Versuchsobjekte natürlich nur auf etwaige Änderungen in dem relativen Verhältnisse, das zwischen den Verdunstungsgrößen beider Pflanzen statthatte, Rücksicht nehmen konnte, so wurden die letzteren jeden Tag unter den Ventilationsapparaten gewechselt.

Man fand, dafs

		Pflanze Nro. 503	
		wog	Wasser verdunstete
		g	g
d. 13. Juli*)	} in vollem Lichte	{ 2905	—
d. 14. „		{ 2888	17
d. 14. „	} in gedämpftem Lichte	{ 2888	—
d. 15. „		{ 2871	17
d. 15. „	} in vollem Lichte	{ 2871	—
d. 16. „		{ 2856	15
d. 16. „	} in gedämpftem Lichte	{ 2856	—
d. 17. „		{ 2844	12
d. 17. „	} in vollem Lichte	{ 2844	—
d. 18. „		{ 2830	14
d. 18. „	} in gedämpftem Lichte	{ 2830	—
d. 19. „		{ 2815	15

und dafs

		Pflanze Nro. 504	
		wog	Wasser verdunstete
		g	g
d. 13. Juli	} in gedämpftem Lichte	{ 3023	—
d. 14. „		{ 2997	26
d. 14. „	} in vollem Lichte	{ 2997	—
d. 15. „		{ 2966	31
d. 15. „	} in gedämpftem Lichte	{ 2966	—
d. 16. „		{ 2939	27

*) Es wurde jedesmal 8 Uhr vormittags gewogen.

		Pflanze Nro. 504	
		wog	Wasser verdunstete
		g	g
d. 16. Juli	} in vollem Lichte	2939	—
d. 17. "		2916	23
d. 17. "	} in gedämpftem Lichte	2916	—
d. 18. "		2388	23
d. 18. "	} in vollem Lichte	2388	—
d. 19. "		2359	29

Es stellte sich hiernach die Verdunstungsgröße der beiden Pflanzen zunächst während der Versuchsdauer im ganzen und ohne Rücksicht auf das verschiedene Licht:

	Nro. 503	Nro. 504
	g	g
d. 13. bis 14. Juli	17	26
d. 14. " 15. "	17	31
d. 15. " 16. "	15	27
d. 16. " 17. "	12	23
d. 17. " 18. "	14	28
d. 18. " 19. "	15	29
d. i. in Sa.	90	164
relatives Verhältnis = 100	:	182

Nimmt man die Tage für sich, an welchen Nro. 503 in vollem und Nro. 504 in gedämpftem Lichte stand, so erhält man:

	Nro. 503	Nro. 504
	volles Licht	gedämpftes Licht
	g	g
d. 13. bis 14. Juli	17	26
d. 15. " 16. "	15	27
d. 17. " 18. "	14	28
d. i. in Sa.	46	81
relatives Verhältnis = 100	:	176

und greift man die Tage heraus, an welchen umgekehrt die Nro. 503 im gedämpften und die Nro. 504 im vollen Lichte verweilte, so ergibt sich:

	Nro. 503	Nro. 504
	gedämpftes Licht	volles Licht
	g	g
d. 14. bis 15. Juli	17	31
d. 16. " 17. "	12	23
d. 18. " 19. "	15	29
	d. i. in Sa. 44	83
	relatives Verhältniß = 100	: 189

Im sechsten Kapitel des dritten Abschnitts hatten wir über die Entwicklung von zwei Gerstpflanzen-Paaren Nro. 475, 476 und Nro. 477, 478 in gelbem und blauem Lichte berichtet.

Wie bei allen übrigen unserer Versuchspflanzen war auch bei diesen die Menge des von ihnen verdunsteten Wassers sorgfältig beobachtet und notiert worden. Da aber keine besondere Veranlassung dazu vorlag, thaten wir dort dieser Beobachtungen nicht besonders Erwähnung. Hier nun dürfte es am Orte sein, kurz auf dieselben zurückzukommen.

Zwar werden sich die von dem ersten Pflanzenpaare erhaltenen Verdunstungszahlen nicht wohl für die zunächst vorliegenden Zwecke verwerten lassen, weil dasselbe erst in schon ziemlich erwachsenem Zustande in das farbige Licht gebracht wurde und das Lebendgewicht der Pflanzen zu dieser Zeit nicht bestimmt werden konnte. Damit aber fehlte natürlich auch die Kenntnis der während der Versuchsdauer produzierten Trockensubstanz, d. h. die Basis für weitere Schlüsse auf die Verdunstungsgröße.

Anders gestaltete sich die Sache bei dem zweiten Pflanzenpaare. Die Gefäße Nro. 477 und 478 waren am 19. Juli 1871 frisch angesät unter die farbigen Glocken gestellt worden; erst am 20. Juli durchbrachen die jungen Keimpflänzchen die Bodenoberfläche und die daraus sich entwickelnden Pflanzen blieben in ihren Ventilationsapparaten bis zu dem Augenblicke, in welchem sie geerntet wurden. Die von ihnen produzierte Trockensubstanz wurde also ganz unter dem Einflusse des farbigen Lichtes erzeugt, und wir nehmen keinen Anstand, die Beziehungen derselben zu der Menge des verdunsteten Wassers aufzusuchen.

Die allgemeinen Bedingungen, unter denen der Versuch ausge-

führt wurde, und das Wachstum der beiden Pflanzen haben wir oben S. 378 f. genau beschrieben, es bleibt uns also nur übrig, hier noch anzuführen, daß am 24. Juli, d. h. sobald es die Ausbildung der jungen Halmanlage irgend erlaubte, die Verdunstung des Wassers aus dem Boden in beiden Gefäßen durch aufgekittete Holzdeckel abgeschlossen wurde, und dann die Mitteilung der verdunsteten Wassermengen nachzuholen:

Nro. 477		
in gelbem Lichte		
	wog	verdunstete Wasser
	g	g
d. 25. Juli	2862	—
d. 27. „	2861	1
d. 29. „	2851	10
d. 31. „	2844	7
d. 2. August	2834	10
d. 4. „	2815	19
d. 5. „	2813	2

Da sich das junge Pflänzchen in seiner Haltung schwach und schlaff erwies, so wurde ihm am 5. August ein Draht von 10 g Gewicht als Stütze beigegeben.

d. 5. August	2823	—
d. 6. „	2817	6
d. 7. „	2808	9
d. 8. „	2787	21
d. 9. „	2763	24

Am 9. August wurde begossen:

d. 9. August	3020	—
d. 11. „	2964	56
d. 12. „	2924	40
d. 13. „	2883	41

Am 13. August wieder Wasser gegeben:

d. 14. August	2925	—
d. 15. „	2917	8
d. 19. „	2783	134
d. 21. „	2709	74

Am 21. August wurde wieder begossen:

d. 21. August	2872	—
---------------	------	---

Von jetzt an unterblieben die täglichen Wägungen aus Mangel an Zeit, aber es wurde der Pflanze Wasser gegeben:

d. 1. Septbr.	328 g	—	328
d. 11. „	300 „	—	300

Transport 1090

und das Gefäß wog am 26. September (dem Tage der Ernte) noch 2658 g. — Aufser den zugegebenen 628 g Wasser waren also zwischen 21. August und 26. September verdunstet worden:

d. 21. August	2872	—
d. 26. September	2658	214

Die Gesamtmenge des von Nro. 477 während der ganzen Vegetationszeit verdunsteten Wassers betrug demnach in Sa. 1304 g

Nro. 478
in blauem Lichte

	wog	verdunstete Wasser
	g	g
d. 25. Juli	2945	—
d. 27. "	2938	7
d. 29. "	2921	17
d. 31. "	2910	11
d. 2. August	2891,5	18,5
d. 4. "	2862	29,5
d. 5. "	2856	6
d. 6. "	2844	12
d. 7. "	2826	18
d. 8. "	2790	36
d. 9. "	2752	38

Am 9. August wurde begossen:

d. 9. August	3009	—
d. 11. "	2913	96
d. 12. "	2852	61
d. 13. "	2789	63

Am 13. August wurde wieder Wasser gegeben:

d. 13. August	2921	—
d. 15. "	2903	18
d. 19. "	2736	167
d. 21. "	2656	80

Am 21. August wieder begossen:

d. 21. August	2906	—
---------------	------	---

Von jetzt ab wurde nicht mehr täglich gewogen, aber noch Wasser gegeben:

Transport 680

d. 1. Septbr.	348 g —	348
d. 11. „	450 „ —	450

Am Tage der Ernte (d. 26. September) wog das Gefäß noch 2964 g, war also um 60 g schwerer, als am 21. August, und hatte nicht die sämtlichen im September erhaltenen 798 g Wasser, sondern nur $798 - 60 = 738$ g verdunstet.

Die Gesamtmenge des von Nro. 478 während der ganzen Vegetationszeit verdunsteten Wassers betrug demnach	in Sa. 1478 g
	davon ab 60 „
	<hr/> d. i. 1418 g

Nach den oben S. 383 gegebenen Mitteilungen waren im ganzen produziert worden:

von Pflanze Nro. 477	2,573 g	} oberirdische Trockensubstanz
„ „ „ 478	2,799 „	

und sucht man zwischen diesen Zahlen und der Menge des verdunsteten Wassers das Verhältnis, so findet man, daß für je 1 g produzierte Trockensubstanz während der ganzen Lebensdauer transpiriert wurden von Pflanze Nro. 477 in gelbem Lichte:

$$(2,573 : 1304 = 1 :) 507$$

und von Pflanze Nro. 478 in blauem Lichte:

$$(2,799 : 1418 = 1 :) 507$$

d. h. daß für jedes Gramm produzierter trockner Pflanzenmasse genau gleichviel Wasser ausgehaucht worden war in einem Lichte mit vorwaltend gelben, wie in einem solchen mit vorwaltend blauen Strahlen.

In der Zeit vom 21. Juni bis zum 3. resp. 19. Juli 1871 wurde die Transpiration eines weiteren Gerstpflanzenpaares in farbigem Lichte mit der Modifikation beobachtet, daß man hier den Einfluß zweier verschiedener Lichtfarben auf ein und dieselbe Pflanze regelmäßig wechseln liefs.

Von zweien unserer Ventilationsapparate wurde zu diesem Behufe zunächst der eine mit einer blauen, der andere mit einer gelben Glocke armiert.

Im sechsten Kapitel des dritten Abschnitts haben wir S. 375 und S. 379 die Farbe einer blauen und zweier gelben Glocken genauer zu beschreiben versucht, auch die mit Hülfe eines guten Flintglasprismas ausgeführte Analyse des durchgehenden Lichtes gegeben.

Es wird deshalb genügen, anzuführen, dafs von den hier gebrauchten Glocken die blaue der oben benutzten blauen ganz gleich war, während die gelbe in allen ihren Eigenschaften gerade in der Mitte zwischen den beiden a. a. O. verwendeten hell- resp. dunkelgelben stand.

Unter diese Glocken wurden am 21. Juni die beiden Pflanzen Nro. 505 und 506 gebracht, die im Mai gesäet worden waren.

Dieselben waren Schwesterpflanzen der Nummern 475 und 476 und hatten dieselbe Geschichte wie jene (vgl. darüber S. 376).

Ihre erste Lebenszeit hatten die Pflanzen unter gewöhnlichen Verhältnissen auf dem Vegetationswagen zugebracht. Als sie zu dem Versuche herangezogen wurden, war das Hervortreten der jungen Ähre jeden Tag zu erwarten, aber noch nichts davon sichtbar.

Die Pflanze Nro. 505 war aufser dem Haupthalme noch mit zwei ziemlich gut entwickelten Nebenhalmern ausgestattet.

Die Pflanze Nro. 506 trug neben dem Haupthalme zwei gut entwickelte ältere und noch einen schwachen, jungen Seitentrieb.

Die Normalgewichte der beiden Kulturgefäße waren wie folgt notiert:

	Nro. 505
	g
Leeres Gefäß und Steindrainage	810
Verschlussdeckel nebst Verkittung etc.	24
Gartenboden (trocken)	1661
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) . .	419—140
Gesamtgewicht während der Versuchsdauer	2914—2635

	Nro. 506
	g
Leeres Gefäß und Steindrainage	848
Verschlussdeckel nebst Verkittung etc.	28
Gartenboden (trocken)	1664
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) . .	420—140
Gesamtgewicht während der Versuchsdauer	2960—2680

Die Wägungen behufs Feststellung der Verdunstungen ergaben:

		Nro. 505		
		wog	transpirierte Wasser	
		g	g	
d. 21. Juni	12 h. a. m.	in blauem Lichte	—	
d. 22. "	8 h. a. m.		2914	
d. 22. "	8 h. p. m.		2901	13
d. 23. "	8 h. a. m.		2887	14
d. 23. "	8 h. p. m.		2882	5
d. 24. "	8 h. a. m.		2848	34
d. 24. "	8 h. p. m.		2842	6
d. 24. "	8 h. p. m.		2809	33
d. 25. "	8 h. p. m.		2803	6

Am 26. Juni wurde die Pflanze begossen:

d. 26. Juni	8 h. p. m.	in blauem Lichte	2901	—
d. 27. "	8 h. p. m.		2887	14
d. 27. "	8 h. p. m.	in gelbem Lichte	2887	—
d. 28. "	8 h. p. m.		2872	15
d. 29. "	8 h. p. m.		2824	48
d. 30. "	8 h. p. m.		2771	53
d. 1. Juli	8 h. p. m.		2697	74

		Nro. 506		
		wog	transpirierte Wasser	
		g	g	
d. 21. Juni	12 h. m.	in gelbem Lichte	—	
d. 22. "	8 h. a. m.		2959	
d. 22. "	8 h. p. m.		2948	11
d. 23. "	8 h. a. m.		2935	13
d. 23. "	8 h. p. m.		2929	6
d. 24. "	8 h. a. m.		2890	39
d. 24. "	8 h. p. m.		2879	11
d. 24. "	8 h. p. m.		2844	35
d. 25. "	8 h. p. m.		2837	7

Am 26. Juni wurde die Pflanze begossen:

d. 26. Juni	8 h. p. m.	in gelbem Lichte	2947	—
d. 27. "	8 h. p. m.		2933	14
d. 27. "	8 h. p. m.	in blauem Lichte	2933	—
d. 28. "	8 h. p. m.		2913	20
d. 29. "	8 h. p. m.		2846	67
d. 30. "	8 h. p. m.		2772	74
d. 1. Juli	8 h. p. m.		2693	79

Am 2. Juli früh wurde das Gefäßs Nro. 506 auf eine unerklärte Weise zertrümmert gefunden.

Glücklicherweise standen noch Reservepflanzen zur Verfügung, die mit Nro. 505 gleichalterig und mit dieser unter ganz gleichen Verhältnissen herangezogen waren. Von diesen wählte man eine in erwünschter Weise entwickelte aus und schob dieselbe als Nro. 507 an Stelle der verloren gegangenen Nro. 506 in den Versuch ein.

Nro. 507 trug damals neben dem Haupthalme noch zwei Nebenhalm, sämtlich mit jugendlichen Ähren besetzt, und einen unfruchtbaren Seitentrieb.

Die Gewichtsverhältnisse des Gefäßes waren:

	Nro. 507
	g
Leeres Gefäß nebst Steindrainage	773
Verschlussdeckel mit Verkittung etc.	10
Gartenboden (trocken)	1761
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) . .	444—148
Gesamtgewicht während der Versuchsdauer	2988—2692

Die mit dieser Nummer fortgesetzte Beobachtung über den Gang der Transpiration ergab:

		Nro. 505	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 3. Juli *)	} gelbes Licht	{ 2825	—
d. 4. "				{ 2769	56
d. 4. "	} blaues Licht	{ 2769	—
d. 5. "				{ 2724	45
d. 5. "	} gelbes Licht	{ 2724	—
d. 6. "				{ 2678	46
d. 6. "	} blaues Licht	{ 2678	—
d. 7. "				{ 2642	36

Am 8. Juli früh wurde begossen:

d. 8. Juli	} gelbes Licht	{ 2916	—
d. 9. "				{ 2832	84
d. 9. "	} blaues Licht	{ 2832	—
d. 10. "				{ 2775	57

Am 11. Juli war beim Wägen ein Versehen vorgefallen.

Am 12. Juli wurde wieder begossen.

*) Die Wägungen wurden immer abends 8 Uhr vorgenommen, mit alleiniger Ausnahme des 8. Juli, an welchem Tage nach dem Begießen mittags 12 Uhr gewogen wurde.

Nro. 505

		wog	verdunstete	Wasser
		g	g	
d. 13. Juli	}	gelbes Licht	{ 2915	—
d. 14. "			{ 2885	30
d. 14. "	}	blaues Licht	{ 2885	—
d. 15. "			{ 2841	44
d. 15. "	}	gelbes Licht	{ 2841	—
d. 16. "			{ 2811	30
d. 16. "	}	blaues Licht	{ 2811	—
d. 17. "			{ 2770	41
d. 17. "	}	gelbes Licht	{ 2770	—
d. 18. "			{ 2738	32
d. 18. "	}	blaues Licht	{ 2738	—
d. 19. "			{ 2699	39

Nro. 507

		wog	verdunstete	Wasser
		g	g	
d. 3. Juli	}	blaues Licht	{ 2884	—
d. 4. "			{ 2820	64
d. 4. "	}	gelbes Licht	{ 2820	—
d. 5. "			{ 2772	48
d. 5. "	}	blaues Licht	{ 2772	—
d. 6. "			{ 2726	46
d. 6. "	}	gelbes Licht	{ 2726	—
d. 7. "			{ 2696	30

Am 8. Juli vormittags wurde begossen:

d. 8. Juli	}	blaues Licht	{ 2967	—
d. 9. "			{ 2850	117
d. 9. "	}	gelbes Licht	{ 2850	—
d. 10. "			{ 2782	68

Am 12. Juli wurde wieder begossen:

d. 13. Juli	}	blaues Licht	{ 2977	—
d. 14. "			{ 2945	32
d. 14. "	}	gelbes Licht	{ 2945	—
d. 15. "			{ 2901	44
d. 15. "	}	blaues Licht	{ 2901	—
d. 16. "			{ 2857	44

		Nro. 507	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 16. Juli	} gelbes Licht	2857	—
d. 17. "		2809	48
d. 17. "	} blaues Licht	2809	—
d. 18. "		2756	53
d. 18. "	} gelbes Licht	2756	—
d. 19. "		2709	47

Sucht man aus diesen Daten das relative Verhältnis der Transpirationsgrößen der drei Pflanzen, so findet man, daß zunächst im ganzen ohne Rücksicht auf das verschiedene Licht verdunsteten:

	Nro. 505	Nro. 506
	g	g
d. 21. bis 22. Juni	13	11
d. 22. " 23. "	19	19
d. 23. " 24. "	40	50
d. 24. " 25. "	39	42
d. 26. " 27. "	14	14
d. 27. " 28. "	15	20
d. 28. " 29. "	48	67
d. 29. " 30. "	53	74
d. 30. Juni bis 1. Juli	74	79
d. i. in Sa. 315		376
relatives Verhältnis = 100	:	119

während an den Tagen, an welchen Nro. 505 im gelben, Nro. 506 im blauen Lichte vegetierten, die Transpiration betrug bei

	Nro. 505	Nro. 506
	in gelbem Lichte	in blauem Lichte
	g	g
d. 27. bis 28. Juni	15	20
d. 28. " 29. "	48	67
d. 29. " 30. "	53	74
d. 30. Juni bis 1. Juli	74	79
d. i. in Sa. 190		240
relatives Verhältnis = 100	:	126

und an den Tagen, an welchen umgekehrt Nro. 505 in blauem und Nro. 506 in gelbem Lichte stand:

Wasser.

	Nro. 505	Nro. 506
	in blauem Lichte	in gelbem Lichte
	g	g
d. 21. bis 22. Juni	13	11
d. 22. " 23. "	19	19
d. 23. " 24. "	40	50
d. 24. " 25. "	39	42
d. 26. " 27. "	14	14
d. i. in Sa. 125		136
relatives Verhältniß = 100		: 109

Ebenso verdunsteten vom 3. Juli ab zunächst ohne Rücksicht auf das verschiedene Licht im ganzen:

	Nro. 505	Nro. 507
	g	g
d. 3. bis 4. Juli	56	64
d. 4. " 5. "	45	48
d. 5. " 6. "	46	46
d. 6. " 7. "	36	30
d. 8. " 9. "	84	117
d. 9. " 10. "	57	68
d. 13. " 14. "	30	32
d. 14. " 15. "	44	44
d. 15. " 16. "	30	44
d. 16. " 17. "	41	48
d. 17. " 18. "	32	53
d. 18. " 19. "	39	47
d. i. in Sa. 540		641
relatives Verhältniß = 100		: 119

dagegen an den Tagen, an welchen Nro. 505 in gelbem und Nro. 507 in blauem Lichte lebte, allein:

	Nro. 505	Nro. 507
	in gelbem Lichte	in blauem Lichte
	g	g
d. 3. bis 4. Juli	56	64
d. 5. " 6. "	46	46
d. 8. " 9. "	84	117
d. 13. " 14. "	30	32
d. 15. " 16. "	30	44
d. 17. " 18. "	32	53
d. i. in Sa. 278		356
relatives Verhältniß = 100		: 128

und an den Tagen allein, welche umgekehrt Nro. 505 in blauem und Nro. 507 in gelbem Lichte verlebte:

	Nro. 505 in blauem Lichte	Nro. 507 in gelbem Lichte
	g	g
d. 4. bis 5. Juli	45	48
d. 6. „ 7. „	36	30
d. 9. „ 10. „	57	68
d. 14. „ 15. „	44	44
d. 16. „ 17. „	41	48
d. 18. „ 19. „	39	47
	<hr/>	
d. i. in Sa. 262		285
relatives Verhältnis = 100	:	109

Endlich wurde die Zeit vom 9. bis zum 16. und resp. 21. August noch dazu benutzt, um mit Hülfe zweier weiterer Gerstpflanzenpaare die Abweichungen zu beobachten, welche die Transpiration in farbigem Lichte im Vergleiche zu farblosem Lichte erfährt.

Das erste Pflanzenpaar, Nro. 508 und 509, war, als der Versuch begann, drei und eine halbe Woche alt und nicht gut, aber unter sich recht gleichmäÙig entwickelt; jede der beiden Pflanzen hatte vier Halme, Ähren aber waren an diesen noch nicht entwickelt und traten auch während der kurzen Dauer des Versuchs nicht hervor.

Die Normalgewichte der GefäÙe stellten sich auf:

	Nro. 508
	g
Leeres GefäÙs mit Steindrainage	830
Schutzdeckel mit Verkittung	34
Gartenboden (trocken)	1654
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) . .	417—139
Gesamtgewicht	2935—2657

	Nro. 509
	g
Leeres GefäÙs mit Steindrainage	958
Schutzdeckel mit Verkittung	13
Gartenboden (trocken)	1609
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) . .	405—135
Gesamtgewicht	2985—2715

Von diesen wurde die Pflanze Nro. 508 am 9. August unter die gelbe Glocke desjenigen Ventilationsapparates gebracht, der im vorigen Versuche benutzt worden war, während Nro. 509 gleichzeitig unter einem anderen Ventilationsapparate mit farbloser Glocke Stellung fand.

Von da an wechselten die beiden Pflanzen ihren Standort täglich.

		Nro. 508	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 9. August	} gelbes Licht	{ 2946	—
d. 10. "		{ 2923,5	22,5
d. 10. "	} weisses Licht	{ 2923,5	—
d. 11. "		{ 2887	36,5
d. 11. "	} gelbes Licht	{ 2887	—
d. 12. "		{ 2855	32
d. 12. "	} weisses Licht	{ 2855	—
d. 13. "		{ 2818	37

Am 14. August wurde die Pflanze begossen:

d. 14. August	} gelbes Licht	{ 2935	—
d. 15. "		{ 2930	5
d. 15. "	} weisses Licht	{ 2930	—
d. 16. "		{ 2915	15

		Nro. 509	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 9. August	} weisses Licht	{ 2990	—
d. 10. "		{ 2964	26
d. 10. "	} gelbes Licht	{ 2964	—
d. 11. "		{ 2941,5	22,5
d. 11. "	} weisses Licht	{ 2941,5	—
d. 12. "		{ 2900,5	41
d. 12. "	} gelbes Licht	{ 2900,5	—
d. 13. "		{ 2866,5	34

Am 14. August wurde begossen:

d. 14. August	} weisses Licht	{ 2955	—
d. 15. "		{ 2945	10
d. 15. "	} gelbes Licht	{ 2945	—
d. 16. "		{ 2924	21

Die Transpiration der beiden Pflanzen betrug sonach zunächst ohne Rücksicht auf die Verschiedenheit des Lichtes während der Versuchsdauer im ganzen:

	Nro. 508	Nro. 509
	g	g
d. 9. bis 10. August	22,5	26
d. 10. „ 11. „	36,5	22,5
d. 11. „ 12. „	32	41
d. 12. „ 13. „	37	34
d. 14. „ 15. „	5	10
d. 15. „ 16. „	15	21
	<hr/>	
	d. i. in Sa. 148	154,5
	relatives Verhältniß = 100	: 104

dagegen an den Tagen, an welchen Nro. 508 in gelbem und Nro. 509 in weissem Lichte lebte, allein:

	Nro. 508	Nro. 509
	gelbes Licht	weisses Licht
	g	g
d. 9. bis 10. August	22,5	26
d. 11. „ 12. „	32	41
d. 14. „ 15. „	5	10
	<hr/>	
	d. i. in Sa. 59,5	77
	relatives Verhältniß = 100	: 129

und an den Tagen, an welchen umgekehrt Nro. 508 in weissem und Nro. 509 in gelbem Lichte vegetierte, allein:

	Nro. 508	Nro. 509
	weisses Licht	gelbes Licht
	g	g
d. 10. bis 11. August	36,5	22,5
d. 12. „ 13. „	37	34
d. 15. „ 16. „	15	21
	<hr/>	
	d. i. in Sa. 88,5	77,5
	relatives Verhältniß = 100	: 88

Das zweite Pflanzenpaar, Nro. 510 und 511, war weiter und besser entwickelt. Jede Pflanze trug, als der Versuch begann, zwei mit jungen kräftigen Ähren besetzte Halme und hatte außerdem einen Nebenzweig getrieben, der aber in der Folge unfruchtbar blieb.

Als Normalgewichte der Gefäße waren notiert:

Nro. 510

	g
Leeres Gefäß mit Steindrainage	354
Schutzdeckel mit Verkittung	14
Gartenboden (trocken)	1545
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) . .	389—130
Gesamtgewicht	2802—2543

Nro. 511

	g
Leeres Gefäß mit Steindrainage	1000
Schutzdeckel mit Verkittung	14
Gartenboden (trocken)	1510
Wasser (60 bis 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) . .	381—127
Gesamtgewicht	2905—2651

Am 9. August wurde die Nummer 510 unter einen Ventilationsapparat mit farbloser Glocke, die Nummer 511 aber unter die blaue Glocke des Apparates gebracht, der im vorigen Versuche Dienste geleistet hatte.

Von da ab wurde der Standort der beiden Gefäße anfangs täglich, zuletzt nach zwei resp. drei Tagen gewechselt und der Verlauf der Transpiration mit Hilfe der Wage verfolgt.

		Nro. 510	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 9. August	} weißes Licht	{ 2771	—
d. 10. "		{ 2724	47
d. 10. "	} blaues Licht	{ 2724	—
d. 11. "		{ 2668	56
d. 11. "	} weißes Licht	{ 2668	—
d. 12. "		{ 2599	69
d. 12. "	} blaues Licht	{ 2599	—
d. 13. "		{ 2540	59

Am 14. August wurde die Pflanze begossen:

d. 14. August	} weißes Licht	{ 2750	—
d. 15. "		{ 2742,5	7,5
d. 15. "	} blaues Licht	{ 2742,5	—
d. 16. "		{ 2726	16,5
d. 16. "	} weißes Licht	{ 2726	—
d. 19. "		{ 2615	111
d. 19. "	} blaues Licht	{ 2615	—
d. 21. "		{ 2543	72

		Nro. 511	
		wog	verdunstete Wasser
		g	g
d. 9. August	} blaues Licht	{ 2928	—
d. 10. "		{ 2876	52
d. 10. "	} weisses Licht	{ 2876	—
d. 11. "		{ 2803	73
d. 11. "	} blaues Licht	{ 2803	—
d. 12. "		{ 2729	74
d. 12. "	} weisses Licht	{ 2729	—
d. 13. "		{ 2646	83

Am 14. August wurde begossen:

d. 14. August	} blaues Licht	{ 2901	—
d. 15. "		{ 2894	7
d. 15. "	} weisses Licht	{ 2894	—
d. 16. "		{ 2870	24
d. 16. "	} blaues Licht	{ 2870	—
d. 19. "		{ 2737	133
d. 19. "	} weisses Licht	{ 2737	—
d. 21. "		{ 2656	81

Die beiden Pflanzen hatten mithin verdunstet zunächst ohne Rücksicht auf die Verschiedenheit des Lichtes während der Versuchsdauer im ganzen:

	Nro. 510	Nro. 511
	g	g
d. 9. bis 10. August	47	52
d. 10. " 11. "	56	73
d. 11. " 12. "	69	74
d. 12. " 13. "	59	83
d. 14. " 15. "	7,5	7
d. 15. " 16. "	16,5	24
d. 16. " 19. "	111	133
d. 19. " 21. "	72	81
d. i. in Sa. 438		527
relatives Verhältnis = 100		: 120

an den Tagen aber, an welchen Nro. 510 in blauem und Nro. 511 in weissem Lichte vegetierten, betrug die Verdunstung von

	Nro. 510 blaues Licht	Nro. 511 weisses Licht
	g	g
d. 10. bis 11. August	56	73
d. 12. " 13. "	59	83
d. 15. " 16. "	16,5	24
d. 19. " 21. "	72	81
	<hr/>	
d. i. in Sa. 203,5		261
relatives Verhältnis = 100	:	128

und umgekehrt an den Tagen, an welchen Nro. 510 im weissen und Nro. 511 im blauen Lichte standen:

	Nro. 510 weisses Licht	Nro. 511 blaues Licht
	g	g
d. 9. bis 10. August	47	52
d. 11. " 12. "	69	74
d. 14. " 15. "	7,5	7
d. 16. " 19. "	111	133
	<hr/>	
d. i. in Sa. 234,5		266
relatives Verhältnis = 100	:	114

Es ist nicht zu leugnen, daß die zuletzt mitgeteilten Experimente alle übereinstimmend und scheinbar sehr bestimmt für einen Einfluß des Lichtes auf die Verdunstung der Pflanzen zu sprechen scheinen; wir wollen uns aber dadurch nicht verlocken lassen, weiteres zu schliessen als das, wozu wir sichere Berechtigung haben.

Wir kennen dazu die Unvollkommenheit unserer Versuche zu gut und wollen in dieser Beziehung selber noch auf einen Punkt aufmerksam machen.

Durch die Einschlebung weis gestrichener oder farbiger Glocken an Stelle der farblosen wurden natürlich nicht allein die Licht-, sondern auch die Wärmeverhältnisse in unseren Ventilationsapparaten tangiert, und wenn auch die dadurch bewirkten Verschiebungen in der Temperatur nur geringe waren, so durfte man sie doch bei der hohen Empfindlichkeit der Verdunstungsgröße gerade gegen diesen Faktor sicher nicht vernachlässigen.

Wir hatten dies auch von Anfang an ganz gut erkannt, und zu diesem Behufe neben den Versuchspflanzen noch Thermometer unter die Glocken gebracht, die dreimal des Tages regelmässig beobachtet wurden.

Hier aber befindet sich Referent in der unangenehmen Lage, sich selbst einer unverzeihlichen Nachlässigkeit anklagen zu müssen. Die Temperaturbeobachtungen wurden nämlich von ihm bequemlichkeitshalber zunächst in einem landwirtschaftlichen Kalender notiert, dann nicht sofort in das Arbeitsjournal übertragen und der Kalender ging auf einer Dienstreise verloren.

Nur zwei Notierungen aus dieser Zeit wurden, weil sie zufällig doppelt gebucht worden waren, gerettet und diese gaben den Stand der Thermometer wie folgt an:

Am 11. August 1871 mittags bei hellem Sonnenschein:

Unter farbloser Glocke, mit Pflanze Nro. 509 besetzt	42,5° C.
„ blauer „ „ „ „ 510 „	40,6° C.
„ gelber „ „ „ „ 508 „	39,4° C.

Am 12. August mittags ebenfalls bei Sonnenschein:

Unter farbloser Glocke, mit Pflanze Nro. 508 besetzt	46,7° C.
„ blauer „ „ „ „ 511 „	44,6° C.
„ gelber „ „ „ „ 509 „	43,5° C.

Wenn Referent nun auch aus der Erinnerung noch mit Bestimmtheit anzuführen vermag, daß die drei Thermometer, so oft sie von den direkten Sonnenstrahlen getroffen wurden, ausnahmslos Differenzen zeigten, die sich in demselben Sinne und auch innerhalb der hier gegebenen Grenzen hielten, während sie bei Abwesenheit von Sonne immer den gleichen Stand zeigten, so kann dies doch den Verlust der positiven Zahlen natürlich nicht ersetzen.

Wir beschränken uns demnach darauf — und dazu halten wir uns auf Grund der Versuchsergebnisse für berechtigt — zu schließen:

Auch ein Einfluß des Lichtes auf die Verdunstung der Pflanzen ist in hohem Grade wahrscheinlich, aber die Wirkung dieses Faktors ist jedenfalls viel geringer, als die der Wärme und Luftfeuchtigkeit.

Zeit und Verhältnisse vergönnten uns nicht, diese unvollkommenen Versuche durch andere, sorgfältiger und mit verbesserten Apparaten ausgeführte zu ersetzen, aber selbst die ganz allgemeine Orientierung über die Ursachen der Transpiration der Pflanzen, die wir uns hier aus eigener Erfahrung verschafft hatten, war uns schätzbar.

Sie zeigte uns, welch ansehnliche Wassermengen die Gewächse unter besonders günstigen oder vielmehr ungünstigen Umständen durch die Transpiration verlieren — in wie überraschend weiten Grenzen die Verdunstung ein und derselben Pflanzen je nach dem Wechsel der äußeren Verhältnisse schwanken kann —, und trug dadurch nicht wenig dazu bei, uns im Vereine mit den nachfolgenden Beobachtungen über die hohe Bedeutung aufzuklären, welche das Wasser sowohl für den Ausfall der Ernte im allgemeinen als für die Resultate jedes einfachen Kulturversuchs gewinnen kann.

Sie lieferte uns den Beweis, daß auch bei diesen Vorgängen des pflanzlichen Lebens die Wärme es ist, welche den entscheidendsten Einfluß ausübt, und gab verschiedene nicht unwichtige Andeutungen, die bei der Einrichtung der späteren Kulturversuche nicht minder als bei der Beurteilung von Versuchsergebnissen mit Nutzen zu verwerthen waren.

Zweites Kapitel.

Wasserersatz aus dem Boden. — Welken der Pflanzen.

Es mag billig Wunder nehmen, wie es der Pflanze möglich wird, für den enormen Wasserverlust, den, wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt wurde, die Verdunstung unter besonders begünstigenden Umständen herbeiführt, allezeit genügenden Ersatz zu beschaffen.

Zuerst dürfte sich die Frage aufdrängen: ob die Wasserbewegung innerhalb der Gewächse sich so rasch zu vollziehen vermag, daß sie auch den stärksten Wasserverlust der Blätter, der unter unseren klimatischen Verhältnissen zeitweise auftritt, rechtzeitig von den Wurzeln her auszugleichen vermag.

Nach dem heutigen Standpunkte unseres Wissens dürfte sich diese Frage wohl kaum bestimmt beantworten lassen.

Wie schon einmal bemerkt, sieht man heute über die Ursachen

der Wasserbewegung im Innern der Pflanze und aus dem Boden in die Pflanze hinein noch nicht völlig klar.

Jedenfalls übt die Verdunstung selbst unmittelbar einen Einfluß, indem sie den Saft der Blattzellen verdickt, dadurch seine osmotische Kraft verstärkt und dadurch die Energie in der Wasserströmung in der Pflanze hebt.

Anderseits aber ist bekannt, daß die Wurzeln der Gewächse ganz unabhängig von dem beblätterten Teile derselben die Fähigkeit haben, ganz bedeutende Wasserquantitäten aufzunehmen und mit ansehnlicher Kraft nach aufwärts zu treiben.

Das Saftsteigen in Bäumen und Sträuchern kurz nach Schluß des Winters, ehe noch die Blattorgane derselben entwickelt sind, das Bluten abgeschnittener Stammstücke von krautartigen Pflanzen demonstrieren diese Kraft der Wurzeln leicht ad oculos.

Man hat direkt gemessen, daß der Saft aus Aststumpfen der Weinreben, die im Frühjahr abgeschnitten waren, mit einer Kraft ausgetrieben wurde, welche einer, selbst zwei Atmosphären Druck gleich kam.

Bei einer Reihe von Saftuntersuchungen, die, beiläufig bemerkt, ziemlich resultatlos verliefen, hatten wir selbst Gelegenheit, die Saftmengen zu messen, welche der abgeschnittene Stamm einer einjährigen Pflanze in kurzer Zeit lediglich durch den Saftauftrieb der Wurzeln zu liefern vermag:

Am 9. Juli 1861 mittags 12 Uhr wurden fünf Sonnenrosenpflanzen, die in dem Garten der Versuchsstation standen, in der Höhe von ungefähr zwei Decimeter über dem Boden abgeschnitten, auf jeden Stammstumpf ein passendes Glasrohr wasserdicht aufgekittet und die obere Öffnung des letztern, um das Eindringen von Regen oder anderen fremden Körpern zu verhindern, mit einem umgekehrten Bechergläschen bedeckt.

Die Sonnenrosen trugen an diesem Tage schon sämtlich an der Spitze ihrer Hauptachse eine Blumenknospe, die aber noch jung und wenig entwickelt war. Seitenzweige hatten sich noch nicht gebildet, doch standen dieselben als junge Anfänge in den Blattachseln. Am weitesten in der Entwicklung waren die Nummern 1 und 5 vorgeschritten.

	Das abgeschnittene obere Stammstück	
	war lang	wog in frischem Zustande
	m	g
von Pflanze Nro. 1.	1,00	660
„ „ „ 2.	0,90	400
„ „ „ 3.	0,95	530
„ „ „ 4.	0,90	530
„ „ „ 5.	1,00	500

Die Blutung begann sofort nach der Verwundung, und nachdem die Röhren aufgesetzt waren, sammelte sich der austretende Saft sehr bald in denselben in merklicher Menge an; so oft es zweckmäßig erschien, sog man ihn dann mit einer Pipette ab, um ihn zu messen und zu sammeln.

Man erhielt auf diese Weise nach und nach an Saft schon innerhalb der ersten 12 Stunden, also bis 9. Juli 12 Uhr nachts:

von Pflanze	Nro. 1.	Nro. 2.	Nro. 3.	Nro. 4.	Nro. 5.
	97	108	105	167	137 ccm,

dann in den nächsten 12 Stunden bis 10. Juli mittags 12 Uhr:

von Pflanze	Nro. 1.	Nro. 2.	Nro. 3.	Nro. 4.	Nro. 5.
	50	97	125	130	98 ccm.

Es zeigte sich zwar jetzt schon eine wesentliche Veränderung der Schnittfläche, indem die Ebene derselben nach der Mitte zu bauchig aufgetrieben und bei Nro. 1, 2 und 4 quer durchgerissen war, auch die Zellen ein abnormes, schwammig-glasiges Aussehen hatten, aber das Bluten hielt trotzdem, wenn auch in sich stetig vermindertem Grade, noch tagelang an.

So wurden noch gesammelt:

	von Pflanze	Nro. 1.	Nro. 2.	Nro. 3.	Nro. 4.	Nro. 5.
		ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
am 10. Juli	12 Uhr vorm. bis 10 ¹ / ₂ Uhr nachm.	25	60	90	85	70
„ 11. „ 12 „ „ „ 12 „	vorm. 25	50	75	87	45	
„ 11. „ 12 „ „ „ 9 „	nachm. 25	45	50	50	50	
„ 12. „ 12 „ „ „ 9 „	„	44	74	109	94	99
„ 13. „ 12 „ „ „ 9 „	„	30	56	84	66	70
„ 14. „ 12 „ „ „ 9 „	„	22	44	62	44	56
„ 15. „ 12 „ „ „ 9 „	„	18	32	50	35	37
„ 16. „ 12 „ „ „ 9 „	„	7	15	35	20	15
„ 17. „ 12 „ „ „ 9 „	„	10	13	35	20	13

(Am 9. Juli hatte es vormittags zwischen 10 und 11 Uhr ein wenig geregnet, am 10. war es den ganzen Tag trübe und naß. In Summa fielen an beiden Tagen vier Linien Niederschläge.)

Am 17. Juli wurde der Versuch geschlossen, die ausgehobenen Stammstumpfe wogen nebst soviel anhängenden Wurzeln, als sich durch einen Spatenstich gewinnen ließen, in frischem Zustande:

Von Pflanze Nro. 1	190 g
" " " 2	170 "
" " " 3	260 "
" " " 4	200 "
" " " 5	220 "

und hatten im Verlaufe von acht Tagen durch ihre Schnittfläche an Saft ausgetrieben in Summa:

von Pflanze Nro. 1	353 ccm
" " " 2	594 "
" " " 3	730 "
" " " 4	798 "
" " " 5	690 "

Bei einem zweiten Versuche vom 18. bis 20. Juli desselben Jahres gelang es uns, aus den Stammstümpfen von 20 Sonnenrosenpflanzen auf dieselbe Weise im Verlaufe von 48 Stunden nicht weniger als 4510 ccm aus der Wundfläche aufgetriebenen Saft zu sammeln.

Diese Zahlen lösen die eingangs gestellte Frage nicht, aber sie zeigen wenigstens doch, daß der Pflanze zur Fortbewegung und Hebung des Wassers in ihrem Innern ganz bedeutende Kräfte zur Verfügung stehen. Und in der That dürfte der Annahme wohl kaum ein erheblicher Einwand entgegenzusetzen sein, daß die Pflanze auch den stärksten Wasserverlust, der durch die Verdunstung unter den natürlichen Verhältnissen herbeigeführt werden kann, zu ersetzen vermag, solange ihr eine genügende Menge von Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht.

Bei unseren langjährigen und zahlreichen Versuchen mit landwirtschaftlichen Kulturgewächsen ist uns wenigstens kein Fall vorgekommen, der uns zwänge, für das Leiden einer Pflanze infolge mangelhaften Ausgleichs zwischen Verdunstungsverlust und Wasserersatz eine andere Erklärung zu suchen, als ungenügende Bodenfeuchtigkeit und dadurch bewirkte allzulangsame Cirkulation des Wassers im Lande.

Von diesem Satze ausgehend erwuchs uns, besonders in Rücksicht auf unsere Kulturmethode, die Aufgabe, das Minimum von Bodenfeuchtigkeit so gut als möglich kennen zu lernen, bei welchem die Pflanzen den gesteigertsten Ansprüchen der Verdunstung noch zu genügen vermögen.

Dass wir hierbei nicht daran denken konnten, für jeden Boden, jede Pflanze und jede klimatische Konstellation bestimmte Zahlen zu suchen, wird leicht verständlich sein.

Wir versuchten zunächst einfach in den Fällen, wo bei ungewöhnlich hohen Temperaturen ein Welken unserer Pflanzen eintrat, den Feuchtigkeitsgehalt der Böden zu fixieren, in welchen jene standen, und erhielten damit als praktischen Gewinn einen Grenzwert für uns naheliegende und wichtige Verhältnisse.

Es wird genügen, wenn wir uns darauf beschränken, hier nur die wenigen Beobachtungen ausführlicher mitzuteilen, in welchen wir die extremsten Zahlen für Bodenfeuchtigkeit fanden:

Im Jahre 1871 standen uns eine Anzahl Lupinen als Beobachtungsmaterial zur Verfügung, die (eigentlich zu Versuchen über die Verdunstungsenergie in verschiedenen Entwicklungsperioden und zu Messungen der verdunstenden Oberfläche bestimmt) in hohen cylindrischen Glasgefäßen vegetierten, welche mit je cirka 12 000 gr trockenem Gartenboden gefüllt waren.

Die Ansaat derselben war am 13. April mit schwach gekeimten Samen erfolgt; die Pflanzen waren gesund, unter sich gleichmäfsig entwickelt und standen in der Periode der beginnenden Fruchtbildung.

An einigen heißen Tagen des Juli wurde bei einzelnen Pflanzen ein vorübergehendes Welken in den Mittagsstunden beobachtet und die Bodenfeuchtigkeit sofort wie folgt ermittelt:

Am 10. Juli:

Temperatur: Morgens	14,7° R.
„ Mittags	22,0° R.
„ Abends	15,1° R.

Lupine Nro. 512 war mittags welk, die Nummern 513 und 514 standen in allen Teilen noch straff und munter. Beobachtete Gewichtsverhältnisse:

	Nro. 512		Nro. 513		Nro. 514	
	welk	straff	welk	straff	welk	straff
	g	g	g	g	g	g
Gesamtgewicht des Kulturgefäßes inkl. Pflanze am 10. Juli mittags	16 695	17 329	16 695	17 329	17 290	17 290
Nro. 512 Nro. 513 Nro. 514						
Ursprüngliches Gewicht des leeren Kulturgefäßes	g	g	g	g	g	g
inkl. Steindrainage	3 547	3 270	3 547	3 270	3 833	3 833
Glasstab etc.	117	126	117	126	122	122
Gewicht des eingefüllten Bodens, trocken gerechnet	11 869	12 617	11 869	12 617	11 886	11 886
Summa davon	15 533	16 013	15 533	16 013	15 841	15 841
Differenz			1 162	1 316	1 449	1 449
Gewicht der frischen Pflanze am 10. Juli (nach Schätzung*)	150	150	150	150	150	150
Gewicht des am 10. Juli mittags noch in dem Boden vorhandenen Wassers	1 012	1 166	1 012	1 166	1 299	1 299
Mithin Bodenfeuchtigkeit in Prozenten des trocknen Bodens	8,5	9,2	8,5	9,2	11,0 Proz.	11,0 Proz.

Gegen Abend waren die Erscheinungen des Welkens bei Nro. 512 wieder vollständig verschwunden. — Am 14. Juli wurde diese Pflanze behufs Messung ihrer verdunstenden Oberfläche geeernt.

Am 17. Juli:

Temperatur: Morgens	16,0° R.
" Mittags	20,8° R.
" Abends	15,2° R.

Zur Mittagszeit erschien die Lupine Nro. 513 schlaff und hängend, während die Nro. 514 noch straff stand.

Gewichtsverhältnisse:

	Nro. 513	Nro. 514
	welk	straff
	g	g
Gesamtgewicht des Kulturgefäßes inkl. Pflanze am 17. Juli mittags	17 218	17 533
Ursprüngliches Gewicht des Gefäßes inkl. Armatur und trocknen Boden, wie oben	16 013	15 841
Differenz	1 205	1 692
Gewicht d. frischen Pflanze am 17. Juli (n. Schätzung*)	175	175
Gewicht des am 17. Juli mittags noch im Boden vorhandenen Wassers	1 030	1 517
Mithin Bodenfeuchtigkeit in Prozenten des trocknen Bodens	8,2	12,8 Proz.

Am 19. Juli zeigte sich umgekehrt die Lupine Nro. 514 in der Mittagszeit welk und die Nro. 513, welche unterdes begossen worden war, straff und kräftig.

Temperatur: Morgens	17,5° R.
„ Mittags	21,4° R.
„ Abends	14,8° R.

Gewichtsverhältnisse:

	Nro. 514	Nro. 513
	welk	straff
	g	g
Gesamtgewicht des Kulturgefäßes inkl. Pflanze am 19. Juli mittags	17 043	17 818
Ursprüngliches Gewicht des Gefäßes inkl. Armatur und trocknen Boden, wie oben	15 841	16 013
Differenz	1 202	1 805
Gewicht der Pflanze am 19. Juli (nach Schätzung*)	180	180
Gewicht des am 19. Juli mittags im Boden vorhandenen Wassers	1 022	1 625
Mithin Bodenfeuchtigkeit in Prozenten des trocknen Bodens	8,6	12,9 Proz.

Im Jahre 1872 hatten wir Gelegenheit, die Erscheinung des Welkens weiter an den Versuchsreihen zu verfolgen, welche wir zum Studium der Wurzelentwicklung in kleinen und großen Gefäßen in Gang gesetzt hatten und oben im zweiten Abschnitt, im dritten und vierten Kapitel, des näheren beschrieben.

Wir können es uns deshalb ersparen, indem wir auf S. 184 ff. und S. 196 ff. zurückverweisen, auf die Einrichtung der Versuche hier spezieller einzugehen und wiederholen nur kurz, daß diese beiden Reihen Gerste, Erbsen, Pferdebohnen, Buchweizen, Lupinen und Rothklee umfaßten, sowie daß jede dieser Pflanzenarten in Gefäßen von vier verschiedenen Größen angebaut wurden.

Man benutzte dabei cylindrische Glasgefäße, in denen die eingefüllte Bodenwalze bei überall gleichem Durchmesser eine Höhe hatte von

Größe	I.	. . . . .	93	cm
„	II.	. . . . .	62	„
„	III.	. . . . .	31	„
„	IV.	. . . . .	15½	„

und welche an trockenem Gartenboden als Füllung erhielten:

Größe	I.	. . . . .	18 600	g
„	II.	. . . . .	12 400	„
„	III.	. . . . .	6 200	„
„	IV.	. . . . .	3 100	„

Nachdem in den Tagen vom 13. bis 18. Juni sich das Wetter konstant kühl erhalten hatte,

Schattentemperatur:	Morgens	7 Uhr	9,2—11,8° R.
„	Mittags	2 „	13,6—15,4° R.
„	Abends	9 „	10,5—12,7° R.,

stieg am 19. Juni die Wärme plötzlich

Temperatur:	Morgens	. . . . .	12,8° R.
„	Mittags	. . . . .	19,4° R.
„	Abends	. . . . .	14,0° R.

und trat die Erscheinung zum ersten Male auf, und zwar waren welk

in den Gefäßen	II.	Größe	die Bohnen	. . . .	Nro. 330	und 331.
„	„	„	„	„	„	324 „ 325.
„	„	„	„	der Buchweizen	. . . .	„ 336 „ 337.
„	„	„	„	„	„	349.

alle übrigen Nummern standen straff.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde wie folgt ermittelt:

Laufende Nummer	Die Kulturgefäße		Differenz	Die Pflanzen		Die Kulturgefäße enthielten am 19. Juni noch			Bemerkungen
	wogen am 19. Juni mittags	wogen ursprünglich mit trockenem Boden gefüllt		wogen am 19. Juni nach Schätzung*)	g	g	Wasser	Bodenfeuchtigkeit		Proz.
In den Gefäßen I. Größe:									
Lupinen { 344.	27 322	23 228	4094	40	4054	21,8			
{ 345.	27 125	22 880	4245	40	4205	22,6			
Bohnen { 332.	27 405	23 380	4075	80	3995	21,5			
{ 333.	27 333	23 292	4041	80	3961	21,3			
Erbsen { 326.	25 692	23 008	2684	170	2514	13,5			
{ 327.	25 580	23 043	2537	170	2367	12,7			
Buchweizen { 338.	27 442	23 387	4055	125	3980	21,1			
{ 339.	27 455	23 063	4392	125	4267	22,9			
Gerste { 320.	27 880	23 250	4130	90	4040	21,7			
{ 321.	27 280	23 087	4193	90	4103	22,1			
Klee { 350.	27 255	22 999	4265	35	4230	22,7			
{ 351.	26 940	22 742	4198	35	4163	22,4			
In den Gefäßen II. Größe:									
Lupinen { 342.	18 677	16 319	2358	30	2328	18,8			
{ 343.	18 705	16 647	2058	30	2028	16,4			
Bohnen { 330.	17 636	15 984	1652	85	1567	12,6			welk
{ 331.	17 500	16 025	1475	85	1390	11,2			welk
Erbsen { 324.	17 575	16 011	1564	125	1439	11,6			welk
{ 325.	18 193	16 469	1724	125	1599	12,9			welk
Buchweizen { 336.	18 070	16 022	2048	80	1968	15,9			welk
{ 337.	17 680	15 892	1788	80	1708	13,8			welk
Gerste { 318.	18 274	16 132	2142	110	2032	16,4			
{ 319.	18 465	16 359	2106	110	1996	16,1			
Klee { 348.	18 445	16 336	2109	30	2079	16,8			
{ 349.	17 677	15 872	1805	30	1775	14,3			welk

In den Gefäßen III. Größe:

Lupinen	{ 340.	9712	8353	1359	30	1329	21,4
	{ 341.	9911	8549	1362	30	1332	21,5
Bohnen	{ 328.	9520	8238	1282	80	1202	19,4
	{ 329.	9845	8523	1322	80	1242	20,0
Erbsen	{ 322.	9686	8383	1303	95	1208	19,5
	{ 323.	9761	8559	1202	95	1107	17,9
Buchweizen	{ 334.	9347	8060	1287	65	1222	19,7
	{ 335.	9264	7932	1332	65	1267	20,4
Gerste	{ 316.	9333	8326	1007	60	947	15,3
	{ 317.	9125	8152	973	60	913	14,7
Klee	{ 346.	9597	8178	1419	25	1394	22,5
	{ 347.	9655	8152	1503	25	1478	23,8

In den Gefäßen IV. Größe:

Lupinen	{ 312.	5088	4555	538	20	513	16,5
	{ 313.	5023	4435	588	20	568	18,3
Bohnen	{ 308.	5083	4470	613	45	568	18,3
	{ 309.	5020	4384	636	45	591	19,1
Erbsen	{ 306.	4905	4400	505	50	455	14,7
	{ 307.	5000	4513	487	50	437	14,1
Buchweizen	{ 310.	5099	4464	635	40	595	19,2
	{ 311.	5132	4481	651	40	611	19,7
Gerste	{ 304.	5115	4447	668	35	633	20,4
	{ 305.	4965	4281	684	35	649	20,9
Klee	{ 314.	4950	4312	638	20	618	19,6
	{ 315.	4961	4377	584	20	564	18,2

Da es nicht in der Absicht lag, die Pflanzen durch Trockenheit leiden zu lassen, so wurden am 19. Juni nachmittags sämtliche Gefäße II. Größe und die Nummern 326 und 327 I. Größe durch Begießen wieder auf das ihnen im Versuchsplane bestimmte Feuchtigkeitsmaximum gebracht.

Am 20. Juni war die Temperatur:

Morgens	13,6° R.
Mittags	20,7° R.
Abends	15,0° R.

An diesem Tage welkten nur die Bohnen in den kleinsten Gefäßen IV. Größe.

Die Bodenfeuchtigkeit stellte sich (von den Gefäßen I. und II. Größe, die noch bedeutende Wassermengen enthalten mußten, abgesehen) wie folgt heraus:

Laufende Nummer	Die Kulturgefäße		Differenz	Die Pflanzen		Die Kulturgefäße enthielten		Bemerkungen	
	wogen am 20. Juni mittags	wogen ursprünglich mit trockenem Boden gefüllt		wogen am 20. Juni nach Schätzung*)	wogen am 20. Juni noch	Wasser	Bodenfeuchtigkeit		
	g	g	g	g	g	Proz.			
In den Gefäßen III. Größe:									
Lupinen	{ 340.	9412	8553	1059	84	1025	16,5		
	{ 341.	9581	8549	1032	84	998	16,1		
Bohnen	{ 328.	9204	8238	966	90	876	14,1		
	{ 329.	9333	8523	1010	90	920	14,8		
Erbsen	{ 322.	9335	8383	952	110	842	13,7		
	{ 323.	9423	8559	864	110	754	12,2		
Buchweizen	{ 334.	9027	8060	967	70	897	14,5		
	{ 335.	8966	7932	1034	70	964	15,5		
Gerste	{ 316.	9112	8326	786	70	716	11,5		
	{ 317.	8933	8152	781	70	711	11,5		
Klee	{ 346.	9295	8178	1117	30	1087	17,5		
	{ 347.	9485	8152	1333	30	1300	21,0		
In den Gefäßen IV. Größe:									
Lupinen	{ 312.	5020	4555	465	22	443	14,3		
	{ 313.	4965	4435	530	22	508	16,4		
Bohnen	{ 308.	4913	4470	443	50	393	12,7	sehr welk	
	{ 309.	4865	4384	481	50	431	13,9	welk	
Erbsen	{ 306.	4761	4400	361	55	306	9,9		
	{ 307.	4850	4513	337	55	282	9,1		
Buchweizen	{ 310.	4945	4464	481	45	436	14,1		
	{ 311.	4990	4481	509	45	464	15,0		
Gerste	{ 304.	4995	4447	548	40	508	16,4		
	{ 305.	4860	4281	579	40	539	17,4		
	{ 314.	4834	4312	522	25	497	16,0		
	{ 315.	4804	4377	427	25	402	13,0		

Am 20. Juni nachmittags wurden sämtliche Gefäße IV. Größe auf das ihnen bestimmte Feuchtigkeitsmaximum zurückgeführt.

Am 21. Juni war die Temperatur:

Morgens	13,4 ^o R.
Mittags	23 ^o 3 ^o R.
Abends	15,5 ^o R.

An diesem Tage welkten alle Pflanzen in den Gefäßen III. Größe mit Ausnahme des Klees. Die Bodenfeuchtigkeit stellte sich mittags auf:

In den Gefäßen III. Größe:	Die Kulturgefäße			Differenz	Die Pflanzen wogen am 21. Juni nach Schätzung*)		Die Kulturgefäße enthielten am 21. Juni noch		Bemerkungen
	Laufende Nummer	wogen am 21. Juni mittags	wogen ursprünglich mit trockenem Boden gefüllt		g	g	Wasser	Bodenfeuchtigkeit	
Lupinen { 340.	9212	8353	859	38	821	13,2	welk		
	9373	8549	824	38	786	12,7	"		
Bohnen { 328.	8914	8238	676	95	581	9,4	"		
	9245	8523	722	95	627	10,1	"		
Erbsen { 322.	9014	8283	631	120	511	8,2	"		
	9110	8559	551	120	431	7,0	"		
Buchweizen { 334.	8707	8060	647	80	567	9,1	"		
	8705	7932	773	80	693	11,2	"		
Gerste { 316.	8930	8326	604	75	529	8,5	"		
	8773	8152	621	75	546	8,8	"		
Klee { 346.	9007	8178	829	30	799	12,9	"		
	9355	8152	1203	30	1173	13,9	"		

Wasser.

Nachdem am 21. Juni nachmittags nun auch die Gefäße III. Größe frisches Wasser erhalten hatten, wurde am 22. und 23. desselben Monats, an welchen Tagen die Temperatur wieder erheblich niedriger war (Mittagswärme nur 16° R.), kein Welken beobachtet, doch trat diese Erscheinung noch einmal am 24. Juni bei einigen Nummern der III. und IV. Größe ein.

Die Temperatur des 24. Juni war:

Morgens	12,7° R.
Mittags	22,0° R.
Abends	15,8° R.

Die rückständige Bodenfeuchtigkeit betrug:

Laufende Nummer	Die Kulturgefäße		Differenz	Die Pflanzen		Die Kulturgefäße enthielten am 24. Juni noch		Bemerkungen
	wogen am 24. Juni mittags	wogen ursprünglich mit trockenem Boden gefüllt		wogen am 24. Juni nach Schätzung*)	Wasser	Bodenfeuchtigkeit	g		Proz.
In den Gefäßen III. Größe:								
Bohnen { 328.	9080	8238	842	115	727	11,7	ein wenig welk	
{ 329.	9372	8523	849	115	734	11,9	{ etwas mehr welk (als Nro. 329)	
Erbsen { 322.	9094	8383	711	155	556	9,0	straff	
{ 323.	9213	8559	654	155	499	8,0	straff	
In den Gefäßen IV. Größe:								
Bohnen { 308.	4943	4470	473	70	403	13,0	sehr welk	
{ 309.	4875	4564	491	70	421	13,6	etwas weniger welk	
Erbsen { 306.	4739	4400	339	85	254	8,2	an den Spitzen welk	
{ 307.	4837	4513	324	85	239	7,7	" " " "	

Wasser.

Das Vermögen, ungewöhnlich starke Verdunstungsverluste durch Wasserzufuhr aus dem Boden auszugleichen, ist hiernach bei den verschiedenen Pflanzenarten offenbar verschieden. Es erscheint z. B. bei der Gerste und den Erbsen gröfser, als bei den anderen Leguminosen und dem Buchweizen.

*) Wir halten es für nötig, betreffs der Worte „nach Schätzung“ hier eine erläuternde, resp. entschuldigende Bemerkung hinzuzufügen.

Um die Menge der zu einer beliebigen Zeit in einem Gefäfse x vorhandenen Bodenfeuchtigkeit zu erfahren, muften wir von dem augenblicklichen Gesamtgewicht des Gefäfses incl. lebender Pflanze erstens das ursprüngliche Gewicht des Gefäfses mit seiner trocknen Füllung und zweitens das Gewicht der in dem Gefäfse vegetierenden Pflanze abziehen.

Das erstere war bei der Anstellung des Versuches ermittelt und bekannt.

Das zweite, das sich fortwährend ändernde Lebendgewicht der Pflanze, hätte genau nur durch die Aberntung der letztern am Versuchstage gefunden werden können.

Da aber die Pflanzen, an denen wir das Welken beobachteten, noch zu anderen Zwecken bestimmt waren, so konnten wir uns nicht dazu entschließen, das Leben derselben hier zu opfern, und griffen zu dem Auswege der Schätzung ihres Lebendgewichtes.

Zwei Hilfsmittel unterstützten uns bei diesem Geschäfte, so dafs wir nicht ins Blaue hinein zu greifen brauchten.

Einmal hatten wir anderweit wiederholt Gelegenheit, Pflanzen derselben Art und desselben Alters, wie die zu den bevorstehenden Beobachtungen benutzten (teilweise sogar Schwesterexemplare), zu ernten und zu wiegen, und damit war für das Auge ein sehr brauchbarer Mafsstab gegeben.

Sodann aber kannten wir die Wassermenge, welche unsere Versuchspflanzen von ihrer Gehurt bis zu dem Augenblicke der Beobachtung verdunstet hatten, einerseits genau, und kannten auf Grund von Versuchen, welche wir weiter unten ausführlich besprechen werden, das Verhältnis zwischen Verdunstungsgröfse und Trockensubstanzproduktion, so dafs wir daran das Ergebnis der Schätzung nach Augenmafs noch durch eine Rechnung mit annähernder Genauigkeit unterstützen konnten.

Man wird zugehen, dafs wir uns an der Hand dieser beiden Hilfsmittel bei der Schätzung von Pflanzen, deren Lebendgewicht wir z. B. in dem Gefäfse IV. Gröfse auf 20 his 85 g taxierten, nicht wohl um 31 g irren konnten.

Ein Irrtum von 31 g würde aber gleich sein einem Fehler in der Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit:

Bei den Gefäfsen IV. Gröfse von 1 Proz.					
„	„	„	III.	„	„ $\frac{1}{2}$ „
„	„	„	II.	„	„ $\frac{1}{4}$ „
„	„	„	I.	„	„ $\frac{1}{6}$ „

Erwägt man dies, so wird man geneigt sein, das, wie wir gern zugeben, an sich verwerfliche Hilfsmittel der Schätzung für den vorliegenden Fall zu entschuldigen und als ausnahmsweise zulässig zu erachten.

Wenn wir von den wenigen Versuchen des Jahres 1871 hier absehen, zeigten sich bei unseren Beobachtungen:

Pflanzenart	Gefäßs- gröfse	Versuchs- tag	Mittags- temperatur		Boden- feuchtigkeit	
			° R.		Proz.	
Lupinen	III.	21. Juni	21,3	welk	13,2	12,7
	"	21. "				
	III.	20. Juni	20,7	nicht	16,5	16,1
"	20. "					
	IV.	20. "	20,7	welk	16,4	14,3
	"	20. "				
Bohnen	II.	19. Juni	19,4	welk	12,6	11,2
	"	19. "				
	IV.	20. "	20,7		12,7	13,9
	"	20. "				
	III.	21. "	21,3		9,4	10,1
	"	21. "				
	III.	24. "	22,0		11,7	11,9
"	24. "					
IV.	24. "	22,0	13,0	13,6		
"	24. "					
	III.	20. Juni	20,7	nicht welk	14,1	14,8
	"	20. "				
Klee	II.	19. Juni	19,4	welk	14,3	
	IV.	20. Juni	20,7	nicht	16,0	13,0
	"	20. "				
	III.	21. "	21,3	welk	12,9	
Buchweizen	II.	19. Juni	19,4	welk	15,9	13,8
	"	19. "				
	III.	21. "	21,3		9,1	11,2
	"	21. "				
	III.	20. Juni	20,7		nicht	14,5	15,5
"	20. "					
	IV.	20. "	20,7	welk	14,1	15,0
	"	20. "				

Pflanzenart	Gefäß- größe	Versuchs- tag	Mittags- temperatur		Boden- feuchtigkeit	
			° R.			
					Proz.	
Erbsen	II.	19. Juni	19,4	} welk	11,6	
	"	19. "				12,9
	III.	21. "				
	"	21. "	21,3		8,2	
	"	21. "	7,0			
	IV.	24. "				
"	24. "	22,0	8,2			
"	24. "	7,7				
I.	19. Juni		19,4	} nicht welk	13,5	
I.	19. "	12,7				
III.	20. "		20,7		13,7	
"	20. "	12,2				
III.	24. "		22,0		9,0	
"	24. "	8,0				
Gerste	III.		21. Juni	21,3	} welk	8,5
	"	21. "	8,8			
	III.	19. Juni		19,4	} nicht welk	15,3
	"	19. "	14,7			
	III.	20. "				20,7	11,5
	"	20. "	11,5			

Im allgemeinen aber geht aus den Beobachtungen hervor, daß unter gewissen Verhältnissen für sämtliche Pflanzenarten schon ein ziemlich hoher Grad von Bodenfeuchtigkeit erforderlich ist, um sie zu befähigen, den durch die Verdunstung erlittenen Wasserverlust Zug um Zug zu ersetzen, oder mindestens sie vor der Eventualität des Welkens zu bewahren.

Man wird sagen dürfen, daß in einem Boden, der in seinen physikalischen Eigenschaften unserm Gartenboden nahe steht, bei starker Sommerhitze und trockner Luft erst ein Gehalt von circa 16 Proz. Wasser oder eine Feuchtigkeit, die etwa 35 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens gleichkommt, den Bedarf wirksam zu decken vermag.

Natürlich gelten diese Zahlen nur für die hier zur Beobachtung herangezogenen extremen Temperaturverhältnisse. Bei mittlerer Wärme und mäßiger Trockenheit der Luft wird die Bodenfeuchtigkeit wesentlich geringer sein dürfen, ohne daß eine Störung in den Lebensverrichtungen der Pflanze eintritt. Und bei niedriger Temperatur und starker Luftfeuchtigkeit genügt schon ein Wassergehalt im

Boden, der nur wenig über das der Temperatur entsprechende Maß der hygroskopischen Feuchtigkeit des letztern hinausgeht, um eine Pflanze wenigstens straff zu erhalten.

Wir beobachteten im Jahre 1871 eine Pferdebohnenpflanze, die zu einer möglichst weit getriebenen dauernden Durstdiät verurteilt war, und fanden dieselbe bei warmem und trockenem Juniwetter am 7. ds. Monats schlaff.

Die Pflanze stand in einem Gefäße, das mit 12510 g trockenem Gartenboden gefüllt worden war.

Am 7. Juni fand man die Differenz zwischen dem Tagesgewichte und dem ursprünglichen Gewichte des Gefäßes = 839 g. Das Lebendgewicht der Pflanze konnte auf 50 g geschätzt werden. Die im Gefäße noch vorhandene Bodenfeuchtigkeit betrug mithin: $839 - 50 = 789$ g oder 6,3 Proz. des trocknen Bodens.

Die Pflanze blieb von da an bei anhaltend trockenem warmem Wetter dauernd hängend und welk, ohne aber abzusterben und eigentlich dürr zu werden.

Am 21. Juni fand man die Differenz zwischen dem Tagesgewichte und dem ursprünglichen Gewichte des Gefäßes = 613 g und damit, nach Abzug des auf 53 g taxierten Lebendgewichtes der Pflanze, die Menge des im Boden noch vorhandenen Wassers = 560 g oder = 4,5 Proz. des trocknen Bodens.

Am 24. Juni trat kühles regnerisches Wetter ein und von da ab erholte sich unsere Bohne scheinbar wieder, so daß sie am 26. Juni wenigstens in ihren oberen zwei Dritteln ganz frisch und straff dastand. Dem Boden war während der ganzen Zeit kein Tropfen Wasser zugeführt worden.

Am 26. Juni ergab die Wage als Differenz zwischen dem Tagesgewicht und dem ursprünglichen Gewichte des Gefäßes 578 g, und es blieben somit nach Abzug des auf 55 g geschätzten Lebendgewichtes der Pflanze nur noch 523 g für das noch im Gefäße vorhandene Wasser über, entsprechend 4,2 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Die hier mitgeteilten Beobachtungen sind allerdings nur an Pflanzen gemacht, die in geschlossenen Gefäßen gezogen wurden und deren Wurzelentwicklung mithin mehr oder weniger beschränkt resp. gehemmt war. Trotzdem aber kann es keinen Augenblick zweifelhaft sein, daß die ermittelten Daten und Zahlen auch für die in anderen freieren Verhältnissen vegetierenden Gewächse Gültigkeit haben.

Eine im freien Felde wachsende Pflanze verbreitet ihr Wurzelnetz allerdings auf weitere Strecken im Lande, als dies unsere Topfpflanzen thun konnten, und macht sich damit ein ansehnlich größeres Bodenvolumen dienstbar. Man würde sich aber sehr irren, wenn man weiter schliesen wollte, daß die Feldpflanzen infolge dessen vor dem Welken besser geschützt wären, als die Topfpflanzen.

Bei abnorm hoher Temperatur und großer Trockenheit der Luft welken die Pflanzen, sobald die Bodenfeuchtigkeit unter einen gewissen Prozentsatz sinkt, nicht deshalb, weil etwa der Boden nicht absolut genug Wasser mehr enthielte, um den Bedarf der Pflanze zu decken, sondern weil bei geringer Bodenfeuchtigkeit die Bewegung des Wassers in den feinen und feinsten Kapillarräumen des Bodens so schwierig und langsam wird, daß die Pflanze ihren Wasserbedarf nicht mit derselben Raschheit beziehen kann, mit welcher die ungewöhnlich gesteigerte Verdunstungsenergie den Wasserverlust bewirkt. Und hierbei ist es ziemlich gleichgiltig, ob der Pflanze ein größeres oder kleineres Bodenvolumen zur Verfügung steht.

Man vergleiche in dieser Beziehung nur einmal die eben mitgetheilten Beobachtungen vom 19. Juni.

Es welkten an diesem Tage unsere sämtlichen Versuchspflanzen in den kleinen Gefäßen IV. Größe nicht, weil sie darin noch überall 14 bis 20 Proz. Bodenfeuchtigkeit fanden, obgleich die absolute Wassermenge, die noch in den Gefäßen vorhanden war, nicht mehr als 500 bis 600 g betrug.

Und es welkten an demselben Tage in den großen Gefäßen II. Größe Bohnen, Erbsen, Klee und Buchweizen, weil die Bodenfeuchtigkeit darin auf 11 bis 15 Proz. gesunken war, obwohl die in den Gefäßen noch vorhandene absolute Wassermenge nicht weniger als 1400 bis 1900 g betrug.

Drittes Kapitel.

Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf die Produktion.

Wenn ein Boden soweit austrocknet, daß er der Pflanze nicht mehr ebenso rasch das Wasser zuzuführen vermag, als sie dasselbe durch die Verdunstung verliert, so muß die Wirkung dieses Mifsverhältnisses sich zunächst dadurch geltend machen, daß die Saftströmung im Innern der Pflanze an Energie verliert und die Stoffwanderung von den Erzeugungs- zu den Verbrauchsorten verlangsamt wird, resp. ins Stocken gerät. Im weitem Verlaufe des Leidens vermindert sich der Wassergehalt im Innern der Pflanze von Tage zu Tage, von Stunde zu Stunde immer mehr, die Spannung der Organe wird eine geringere; aber erst, wenn dieser Prozeß schon ziemlich weit gediehen ist, sinkt die Elasticität der Zellwände soweit, daß er durch Schlawwerden der einzelnen Pflanzenteile auch äußerlich augenfällig wird. Das Welken bezeichnet nicht den Anfang des Leidens, sondern den Beginn seines letzten Stadiums.

Auf dem sandigen Boden der Mark hatten wir fast alljährlich Gelegenheit, den Gang dieses Prozesses im großen zu beobachten. Wenn besonders im Mai oder Juni eine längere Reihe von regenlosen, warmen Tagen mit trockenem Ostwinde einfiel, so fing sehr bald die Vegetation an sichtlich zu stocken. Der junge Klee beispielsweise blieb in der Entwicklung fast vollständig stehen. Aber erst nach längerer Zeit trat die Erscheinung des Welkens auf, zunächst fleckweise an den steinigten Stellen des Feldes, und dann genüigten immer nur noch wenige heiße, regenlose Tage, um diese Flecken rasch über den ganzen Schlag auszubreiten und die Pflanzen ganz zum Verdorren und zum Absterben zu bringen.

Im Jahre 1869 wurde von uns der erste Moment, in welchem sich dieses fleckweise Welken an einem sonnigen Vormittage auf einem Kleeschlage zeigte, benutzt, um sowohl welke als straff geliebene

Blätter und Blattstiele nach allen Geboten der Vorsicht in tarierte Kochfläschchen zu sammeln und deren Wassergehalt zu bestimmen.

Es wurden gefunden von welchen Pflanzen:

In den Blättern	{	71,0 Proz. Wasser und
		29,0 „ Trockensubstanz,
In den Blattstielen	{	78,4 Proz. Wasser und
		21,6 „ Trockensubstanz.

Desgleichen von welchen Pflanzen, welche von einer andern Stelle des Feldes genommen worden waren:

In den Blättern	{	71,1 Proz. Wasser und
		28,9 „ Trockensubstanz,
In den Blattstielen	{	80,8 Proz. Wasser und
		19,2 „ Trockensubstanz;

dagegen von frisch und straff gebliebenen Pflanzen, welche übrigens zwischen den beiden vorigen gewachsen waren:

In den Blättern	{	82,5 Proz. Wasser und
		17,5 „ Trockensubstanz.
In den Blattstielen	{	90,0 Proz. Wasser und
		10,0 „ Trockensubstanz.

Die welken Pflanzen zeigten hiernach einen beinahe doppelt so großen Trockensubstanzgehalt, als die frischen und mußten folglich auch beinahe die Hälfte ihres Wassers verloren haben, ehe ein Welken derselben bemerklich wurde.

Es war zu schließen, daß die Pflanzen schon längere Zeit vor dem Welkwerden sich unter nicht normalen Ernährungsverhältnissen befunden hatten.

Gesetzt, es wäre an dem Tage vor der Entnahme der Kleeblätter von unserm Versuchsfelde noch ein ausgiebiger Regen gefallen, so würde ein Welken der Pflanzen überhaupt nicht beobachtet worden sein, obgleich die Produktion derselben ganz zweifellos schon seit längerer Zeit eine beachtenswerte Schädigung erfahren hatte.

Derartige Erwägungen mußten uns bestimmen, uns nicht mit den im vorigen Kapitel betreffs des Welkens geschilderten Beobachtungen zu begnügen, sondern noch einige weitere Versuchsreihen hinzuzufügen, die uns über den Zuwachs an Pflanzenmasse bei ver-

schieden beschränkter Bodenfeuchtigkeit auch unter solchen Verhältnissen Aufschluss geben konnten, bei welchen das Mißverhältnis zwischen Verdunstung und Wasserersatz niemals so hoch stieg, daß ein augenfälliges Welken der Pflanzen eintrat.

Als Versuchsfrucht benutzten wir auch hier wieder in erster Linie die vierzeilige Gerste.

Im Jahre 1865 wurden 12 gläserne Kulturgefäße mit Quarzstücken drainiert, mit je 4000 g Quarzsand gefüllt und mit einer Nährstoffmischung von

10 mg-Äquiv. =	1361 mg	saurem phosphorsaurem Kali (KO, 2 HO, PO ₅),
5	= 292	„ Kochsalz,
5	= 300	„ schwefelsaurer Magnesia und
15	= 1230	„ salpetersaurem Kalk

pro Kulturgefäß versehen.

Die Ansaat erfolgte am 2. Juni mit schwach angekeimten Samen von 1,19 bis 1,22 spezif. Gewicht und 30 bis 36 mg absoluter Schwere.

Es wurde betreffs der Bodenfeuchtigkeit so disponiert, daß dieselbe während der ganzen Vegetationszeit schwankend erhalten werden sollte und zwar:

in den Gefäßen Nro.	in Prozenten der wasserfassenden Kraft des Sandes*)		d. i. Gramme Wasser pro Gefäß	
	von	bis	von	bis
	515, 516 und 517.	80	— 60	800	— 600
518, 519 „ 520.	60	— 40	600	— 400
521, 522 „ 523.	40	— 20	400	— 200
524, 525 „ 526.	20	— 10	200	— 100
527, 528 „ 529.	10	— 5	100	— 50
530, 531 „ 532.	80	— 5	800	— 50
533, 534 „ 535.	60	— 5	600	— 50
536, 537 „ 538.	40	— 5	400	— 50
539, 540 „ 541.	20	— 5	200	— 50
542, 543 „ 544.	60	— 20	600	— 200

In dem Aufgehen der Pflanzen machte sich bei allen den Nummern, welche von Anfang an 800, 600 oder 400 g Wasser erhalten hatten (80, 60 und 40 Proz. der wasserfassenden Kraft), kein Unter-

*) Die wasserfassende Kraft des Quarzsandes = 25 Proz. angenommen.

schied bemerklich; bis 7. Juni waren hier sämtliche Keimpflänzchen zu Tage getreten.

In den Gefäßen dagegen, welche von Hause aus nur 200 g Wasser erhalten hatten (20 Proz. der wasserfassenden Kraft), verzögerte sich der Keimprozeß schon merklich; die jungen Pflänzchen brauchten hier zwei bis fünf Tage länger, um die Bodenoberfläche zu durchbrechen.

In den Gefäßen Nro. 527, 528 und 529 war am 11. Juli, also sechs Wochen nach der Aussaat, noch keine einzige Pflanze über dem Boden sichtbar, obgleich die Feuchtigkeit des letztern während dieser ganzen Zeit sorgfältig zwischen 10 und 5 Proz. seiner wasserfassenden Kraft erhalten worden war, und diese Nummern wurden hiermit aus der Versuchsreihe ausgeschieden.

(Wir können es uns nicht versagen, in Parenthese noch einige weitere Notizen über die nicht uninteressante Geschichte dieser Töpfe hinzuzufügen:

Da man am 11. Juli die in die Gefäße gebrachten Samen, die man, wie noch einmal erwähnt sein mag, vor der Einsaat in destilliertem Wasser zum Austreiben des Würzelchens gebracht hatte, längst für verdorben und gestorben hielt, so wurden die drei Nummern zu einem andern Versuche bestimmt, und zwar sollten sie von nun an zur Ermittlung der Wassermenge dienen, welche der bloße, nicht mit Pflanzen bestandene Boden unter bekannten Verhältnissen verdunstet.

Dieser Bestimmung gemäß wurde am 11. Juli die Bodenfeuchtigkeit in den drei Gefäßen auf 600 g, d. i. 60 Proz. der wasserfassenden Kraft gebracht.

Zu unserm Erstaunen erschienen schon am nächsten Tage einige von den tot geglaubten Keimpflänzchen munter und frisch über dem Boden und an den folgenden Tagen kamen noch andere nach. Dieselben waren also wenigstens zum Teile nicht gestorben, hatten aber bei dem ihnen aufgetroffenen Wassermangel so langsam weiter vegetiert, daß sie die Spitze ihres Blattkeims in cirka sechs Wochen noch nicht ganz bis zur Höhe der sie überdeckenden Bodenschicht zu fördern vermocht hatten.

Wir ließen diese späten Nachkömmlinge von nun an mit einer Bodenfeuchtigkeit, die von 60 bis zu 20 Proz. der wasserfassenden Kraft schwankte, weiter vegetieren, und hatten die Freude, sie zu

ganz gesunden, normalen Pflanzen heranwachsen zu sehen. Zwar wurden dieselben im Jahre 1865 nicht mehr reif, aber nachdem man sie in einem vor Frost geschützten Hause überwintert hatte, erntete man im Frühjahr 1866 in gut ausgebildetem Zustande:

Von Nro.	Pflanzen	Körner	Trockensubstanz		
			in Stroh u. Spreu	in den Körnern	in Sa.
			mg	mg	mg
527.	1	120	5448	2498	7946
528.	7	95	5705	2440	8145
529.	7	100	5643	2487	8130

(Ursprünglich war jedes Gefäß mit acht Samen belegt worden.)

In den übrigen Gefäßen machte sich der Einfluß der verschieden-gradigen Bodenfeuchtigkeit auf die Produktion sehr früh deutlich bemerkbar. Schon am 22. Juni konnte man notieren, daß die Pflanzen der vorliegenden Reihe genau in dem Verhältnisse größer und üppiger standen, in welchem die ihnen zuerteilte Bodenfeuchtigkeit wuchs.

Und dieser Unterschied erhielt sich nicht nur, sondern vermehrte sich noch bei dem weiteren Fortschreiten der Vegetation.

Als in der zweiten Hälfte des Juni die ganz abnorme Hitzeperiode eintrat, deren Wirkung wir oben im dritten und achten Kapitel des dritten Abschnittes ausführlicher geschildert haben, litten alle Nummern, deren Maximalbodenfeuchtigkeit auf 20 Proz. der wasserfassenden Kraft normiert war, sowie diejenigen, bei denen man die Bodenfeuchtigkeit bis auf 5 Proz. der wasserfassenden Kraft sinken liefs, ganz außerordentlich. Bei vielen Pflanzen derselben blieben die in der Entwicklung begriffenen Ähren in der obersten Blattscheide sitzen; andere vertrockneten gänzlich, ohne überhaupt zur Ährenbildung zu gelangen.

Im übrigen konnte eine merkliche Verzögerung oder Beschleunigung des Schossens, der Blüte und der Reife als Folge der unterschiedlichen Bodenfeuchtigkeit nicht konstatiert werden. Die Länge der einzelnen Vegetationsepochen sowie der gesamten Lebenszeit war bei allen Pflanzen der Reihe ungefähr die gleiche.

Ein auffallender Unterschied in der ganzen äußeren Erscheinung und dem Habitus der Pflanzen mag noch besonders erwähnt werden. Die Pflanzen, welche den größten Wasserreichtum im Boden fanden,

waren immer nicht nur größer, als die anderen, sondern ihr ganzer Bau war gleichsam extensiver, Zweige, Blätter u. s. w. wurden weiter und breiter auseinander gelegt; die Farbe derselben war ein unterschiedenes Hellgrün. Dagegen machten die Pflanzen, welche mit mangelhafter Bodenfeuchtigkeit sich begnügen mußten, mehr den Eindruck des in sich Konzentrierten. Solange die Verdunstung sich in mäßigen Grenzen hielt, erschienen dieselben keineswegs schlaff und hängend, sondern im Gegenteil stramm, man wäre versucht zu sagen steif; ihre einzelnen Teile hielten sich enger zusammen, und ihre Farbe war ein tiefes dunkles Saftgrün; ähnlich wie bei solchen Pflanzen, die mit Stickstoffüberschuß ernährt werden. Die beiden Endglieder der Reihe zeigten diese Verschiedenheiten eklatant, während die Mittelglieder derselben einen stufenweisen regelmässigen Übergang zwischen beiden bildeten.

Am deutlichsten drückt sich aber der Einfluß der verschieden-gradigen Bodenfeuchtigkeit auf die Produktionskraft der Pflanzen in den nachfolgenden Ertragsresultaten der Reihe aus.

Es wurde gerntet nach Zahl, Maß und Gewicht:

Von Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft des Sandes	Zahl der geernteten			Länge der ährentragenden Halme vom Boden bis zur Grannenspitze		
		Pflanzen	Ähren	Ähren Körner	einzeln cm	in Sa. cm	
515.	80—60	8	8	282	206	77—86	647
516.		8	8	309	222	73—85	624
517.		8	8	243	170	65—100	624
Mittel		8	8	278	199		632
518.	60—40	8	8	267	185	59—82	563
519.		8	8	261	177	60—78	554
520.		8	7 *)	204	152	54—90	499
Mittel		8	8	244	171		539
521.	40—20	8	10	249	94	26—71	513
522.		8	7	186	75	45—60	308
523.		8	13	237	63	20—56	537
Mittel		8	10	224	77		473
524.	20—10	8	8	165	8	19—48	295
525.		8	—	—	—	—	—
526.		8	—	—	—	—	—
Mittel		8	3	55	3		
530.	80—5	8	8	177	—	49—67	457
531.		8	11	267	60	13—70	565
532.		8	8	222	131	53—80	558
Mittel		8	9	222	64		527

*) Eine Ähre war vom Brandpilze zerstört.

Von Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft des Sandes	Zahl der geernteten			Länge der ährentragenden Halme vom Boden bis zur Grannenspitze								
		Pflanzen	Ähren	Ährchen	einzeln cm	in Sa., cm							
533.	60—5	8	10	264	61	26—61	496						
534.								8	13	294	50	13—53	512
535.								8	7	177	—	47—59	385
Mittel		8	10	245	37		464						
536.	40—5	8	7	174	7	35—50	314						
537.								8	5	? *)	—	25—44	268
538.								8	3	81	—	48—58	160
Mittel		8	5	?	2		247						
539.	20—5	8	4	102	—	32—43	150						
540.								2	2	51	—	30—50	80
541.								8	2	?	—	23—24	47
Mittel		4	3	?	—		92						
542.	60—20	8	8	249	151	61—84	585						
543.								8	8	276	183	62—91	604
544.								8	8	246	179	67—84	605
Mittel		8	8	257	171		598						

*) Die Ähren waren in der Blattscheide sitzen geblieben und so verkrüppelt, daß sich die Zahl der Ährchenanlagen nicht ermitteln liefs.

**) Bei Nro. 539 waren 5, bei Nro. 540 6 Pflanzen schon in einem frühen Entwicklungsstadium vertrocknet und zu Grunde gegangen.

Von Nro.	Bodenfeuchtig- keit in Prozenten der wasserfassen- den Kraft	Geerntete Trockensubstanz		
		in Stroh u. Spreu	in d. Körnern	in Sa.
		mg	mg	mg
515. } 516. } 517. }	80—60	{ 7977	{ 5501	{ 13 478
		{ 8025	{ 5680	{ 13 705
		{ 6179	{ 3506	{ 9 685
Mittel		{ 7394	{ 4896	{ 12 290
518. } 519. } 520. }	60—40	{ 6379	{ 4543	{ 10 922
		{ 6300	{ 4513	{ 10 813
		{ 5285	{ 3343	{ 8 628
Mittel		{ 5988	{ 4133	{ 10 121
521. } 522. } 523. }	40—20	{ 5873	{ 2734	{ 8 607
		{ 4605	{ 1478	{ 6 083
		{ 4047	{ 1614	{ 5 661
Mittel		{ 4842	{ 1942	{ 6 784
524. } 525. } 526. }	20—10	{ 3058	{ 177	{ 3 235
		{ 539	{ —	{ 539
		{ 371	{ —	{ 371
Mittel		{ 1323	{ 59	{ 1 382
530. } 531. } 532. }	80— 5	{ 6800	{ —	{ 6 800
		{ 6555	{ 1180	{ 7 735
		{ 5543	{ 1651	{ 7 194
Mittel		{ 6299	{ 944	{ 7 243
533. } 534. } 535. }	60— 5	{ 5830	{ 1450	{ 7 280
		{ 6215	{ 1565	{ 7 780
		{ 4636	{ —	{ 4 636
Mittel		{ 5560	{ 1005	{ 6 565
536. } 537. } 538. }	40— 5	{ 4199	{ 173	{ 4 372
		{ 2950	{ —	{ 2 950
		{ 3111	{ —	{ 3 111
Mittel		{ 3420	{ 58	{ 3 478
539. } 540. } 541. }	20— 5	{ 1895	{ —	{ 1 895
		{ 1902	{ —	{ 1 902
		{ 490	{ —	{ 490
Mittel		{ 1429	{ —	{ 1 429
542. } 543. } 544. }	60—20	{ 6699	{ 3388	{ 10 087
		{ 6921	{ 2771	{ 9 692
		{ 5322	{ 2923	{ 8 245
Mittel		{ 6314	{ 3027	{ 9 341

Im Jahre 1866 wurde der Versuch in beschränkter Form mit einer kleinen Reihe, die nur vier Nummern umfasste, wiederholt.

Die äußeren Versuchsbedingungen, wie Gefäße, Sand, Nährstoffmischung etc., waren genau dieselben, wie im Vorjahre.

Als Maße der Bodenfeuchtigkeit wurden gewählt:

Für Nro.	545.	80—60	Proz.	der	wasserfassenden	Kraft	des	Sandes
„	„	546.	60—40	„	„	„	„	„
„	„	547.	40—20	„	„	„	„	„
„	„	548.	20—10	„	„	„	„	„

Die Ansaat erfolgte am 5. Juni mit Samen, die in destilliertem Wasser ihr Würzelchen einige Millimeter weit hervorgetrieben hatten.

In der Zeit vom 8. bis 9. Juni brachen bei allen vier Gefäßen die jungen Keimpflänzchen ziemlich gleichmäßig aus dem Boden hervor, und in kurzem begannen die mit verschiedener Bodenfeuchtigkeit bedachten Pflanzen dieselben charakteristischen Unterschiede zu zeigen, welche wir an der vorhergehenden Reihe zu schildern hatten.

Die Vegetationszeit im Jahre 1866 war aber, wenn auch in der ersten Hälfte tageweise wieder heiß, so doch entschieden günstiger als die von 1865, und demgemäß war auch die Entwicklung selbst derjenigen Pflanzen, die dauernd in relativ trockenem Boden vegetieren mußten, eine gesündere und bessere. Ganz verloren ging diesmal keine einzige Pflanze, ja alle brachten Ähren, wiewohl die Körnerbildung bei Nr. 548 eine sehr mangelhafte blieb.

Ein eigentliches Welkwerden der Gerste wurde in diesem Jahre überhaupt nicht beobachtet.

Die Ähren wurden sichtbar:

bei Nro.	545.	in	der	Zeit	vom	7.	bis	10.	Juli
„	„	546.	„	„	„	5.	„	11.	„
„	„	547.	„	„	„	8.	„	11.	„
„	„	548.	„	„	„	8.	„	29.	„

Die Reife erfolgte in Nro. 548 bei den acht darin stehenden Pflanzen ungleichmäßig und überhaupt zögernd, so daß man diese erst am 8. September schneiden konnte, während die anderen drei Nummern schon am 23. August vollständig reif geerntet wurden.

Die Gestaltverhältnisse der Pflanzen fand man nach der Ernte wie folgt:

Nro.	Anzahl der								Länge					
	Pflanzen	Ähren	Ährchen				Samen				der Halme em			
545.	8	8	42	39	39	36	32	27	25	28	93	82	89	83
			36	33	33	27	24	24	26	13	92	88	76	70
			in Sa. 285				in Sa. 199				in Sa. 673			
546.	8	11	42	39	36	33	33	30	26	28	96	85	88	82
			33	33	24	18	25	24	13	7	86	80	69	57
			15	15	9		4	3	1		42	42	38	
in Sa. 297				in Sa. 194				in Sa. 765						
547.	8	8	33	30	33	33	26	21	23	28	76	81	78	79
			27	27	27	24	20	22	20	12	69	75	67	80
			in Sa. 234				in Sa. 177				in Sa. 605			
548.	8	8	24	24	24	24	13	7	0	0	64	56	63	63
			21	15	13	15	1	1	0	2	61	52	40	35
			in Sa. 165				in Sa. 24				in Sa. 434			

An Gewicht wurde germetet:

Von Nro.	Bodenfeuchtig- keit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz		
		in Stroh u. Spreu mg	in den Körnern mg	in Sa. mg
545.	80—60	6941	6143	13 084
546.	60—40	6053	6130	12 183
547.	40—20	4671	5245	9 916
548.	20—10	3156	696	3 852

Soviel geht jedenfalls aus den Resultaten der beiden Reihen hervor, daß eine Bodenfeuchtigkeit von nur 5 Proz. der wasserfassenden Kraft das Pflanzenleben überhaupt nicht zu erhalten vermag, daß bei einer solchen von 10 und selbst 20 Proz. die Gewächse noch von relativem Wassermangel leiden, ja daß selbst noch höhere Prozente der Bodenfeuchtigkeit sich unter gewissen Umständen als ungenügend zur Produktion einer Maximalernte erweisen.

Wenn wir uns hiermit noch nicht beruhigten, so war dabei nicht bloß der Wunsch maßgebend, in einem für unsere Versuchsmethode so wichtigen Punkte noch bestimmtere und besser kontrollierte Grenzen für die günstigste Menge der Bodenfeuchtigkeit zu erhalten, sondern ganz besonders die Erfahrung, daß die Nährstoffmischung, welche wir in den Jahren 1865 und 1866 unserm Sande zu-

gegeben hatten, eine für die Gerste wenig geeignete und zweckmäßige war.

Die Versuche, welche wir von 1864 bis 1867 über das Bedürfnis der Gerste betreffs der einzelnen Nährstoffe ausführten, hatten uns gezeigt, daß die bisher benutzte Futtermischung im Verhältnis zu dem gegebenen Stickstoff einen bedeutenden Überschufs an allen sogenannten Mineralstoffen enthielt, und es blieb vorläufig noch fraglich, ob dieser Umstand die oben erhaltenen Resultate nicht mit beeinflusst habe.

Gleichzeitig erhoffte man für einen erwünschten Verlauf neuer Vegetationsreihen davon einen erheblichen Gewinn, daß man dieselben in eine frühere und damit, wie wir bei Besprechung des Einflusses von Wärme und Licht auf die Pflanzen zeigten, für die Vegetation wesentlich günstigere Jahreszeit verlegten.

Im Jahre 1868 wurde vorläufig nur eine kleine Reihe von drei Gefäßen in Gang gesetzt.

Den Boden bildeten dabei je 4000 g gereinigter Quarzsand, dem man als Nährstoffmischung zusetzte pro Kulturgefäß:

2,0 mg-Aequiv. =	272 mg	saures phosphorsaures Kali ($\text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}, \text{P}_2\text{O}_5$),
1,0 „ =	75 „	Chlorkalium,
1,6 „ =	96 „	schwefelsaure Magnesia und
16,0 „ =	1312 „	salpetersauren Kalk.

Die Samen wurden (spezif. Gewicht 1,19 bis 1,20, absol. Gewicht zwischen 27 und 36 mg, im Mittel: 32,3 mg lufttrocken), nachdem sie in destilliertem Wasser zum leichten Keimen gebracht, am 30. April zu je 12 Stück pro Kulturgefäß eingesät.

Als konstante Bodenfeuchtigkeit wurde bestimmt:

für Nro. 549.	90—60	Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes
„ „ 550.	50—30	„ „ „ „ „ „
„ „ 551.	25—15	„ „ „ „ „ „

Von den jungen Keimpflänzchen durchbrachen die Bodenoberfläche:

in Nro.	am 5. Mai	6. Mai	7. Mai	8. Mai	9. Mai
549.	2	1	5	4	—
550.	1	2	3	4	2
551.	3	2	7	—	—

Die Grannen der jungen Ähren wurden sichtbar

	bei	Nro.	549	in	den	Tagen	vom	8.	bis	11.	Juni
	"	"	550	"	"	"	"	7.	"	11.	"
	"	"	551	"	"	"	"	8.	"	11.	"

Am 17. Juli konnten alle drei Nummern als vollständig ausgereift betrachtet werden.

Die Vegetation der Versuchspflanzen war in diesem Jahre eine durchaus zufriedenstellende.

Die früher geschilderten charakteristischen Unterschiede als Folge der ungleichen Bodenfeuchtigkeit traten diesmal, obwohl noch deutlich erkennbar, doch in weit geringerem Grade hervor.

Die Nummern 549 und 550 differierten nur wenig von einander; Nro. 551 aber blieb, obschon sie sich anscheinend durchaus gesund und normal entwickelte, in der Massenproduktion ansehnlich hinter beiden zurück.

Ein Welken wurde in der Reihe auch nur vorübergehend niemals bemerkt.

Bei der Ernte ergaben die Pflanzen:

Länge der ährentragenden Halme bis zur Grannen-
spitze
cm

Von Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der			Körner	Länge der ährentragenden Halme bis zur Grannen- spitze cm
		Pflanzen	Ähren	Ährchen		
549.	90—60	12	12	$\left\{ \begin{array}{l} 39 \ 45 \ 39 \ 33 \\ 42 \ 36 \ 30 \ 24 \\ 36 \ 36 \ 36 \ 30 \end{array} \right.$ in Sa. 426	$\left\{ \begin{array}{l} 32 \ 36 \ 34 \ 28 \\ 36 \ 26 \ 29 \ 20 \\ 24 \ 20 \ 0 \ 0^* \end{array} \right.$ in Sa. 285	$\left\{ \begin{array}{l} 84 \ 77 \ 95 \ 62 \\ 105 \ 63 \ 77 \ 73 \\ 85 \ 82 \ 70 \ 35 \end{array} \right.$ in Sa. 908
550.	50—30	12	13	$\left\{ \begin{array}{l} 51 \ 39 \ 24 \ 30 \\ 42 \ 39 \ 36 \ 36 \\ 21 \ 48 \ 33 \ 45 \end{array} \right.$ in Sa. 462	$\left\{ \begin{array}{l} 44 \ 34 \ 6 \ 9 \\ 34 \ 28 \ 21 \ 5 \\ 0 \ 41 \ 18 \ 37 \end{array} \right.$ in Sa. 277	$\left\{ \begin{array}{l} 88 \ 66 \ 40 \ 69 \\ 75 \ 51 \ 70 \ 50 \\ 80 \ 87 \ 60 \ 85 \end{array} \right.$ in Sa. 891
551.	25—15	12	12	$\left\{ \begin{array}{l} 36 \ 36 \ 33 \ 30 \\ 33 \ 27 \ 27 \ 18 \\ 18 \ 21 \ 24 \ 21 \end{array} \right.$ in Sa. 324	$\left\{ \begin{array}{l} 29 \ 27 \ 22 \ 13 \\ 18 \ 11 \ 17 \ 9 \\ 9 \ 10 \ 14 \ 12 \end{array} \right.$ in Sa. 191	$\left\{ \begin{array}{l} 77 \ 75 \ 68 \ 70 \\ 73 \ 68 \ 65 \ 52 \\ 58 \ 65 \ 63 \ 63 \end{array} \right.$ in Sa. 797

Wasser.

Das Gewicht der produzierten Masse betrug:

Von Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Proz. der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz		Verhältnis Sa. = 100	Ein Korn wog in Durchschnitt mg
		der Körner	der Spreu		
549.	90—60	mg	mg	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Körner} : \text{Stroh} : \text{Spreu} \\ 48,9 \quad 42,8 \quad 8,3 \\ 52,0 \quad 38,7 \quad 9,3 \\ 52,2 \quad 38,0 \quad 9,8 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 31 \\ 30 \\ 35 \end{array} \right.$
550.	50—30	8862	1497		
551.	25—15	8436	1507		
		6614	1248		

*) Zwei Ähren waren vom Brandpilze befallen.

Dank der frühen Aussaat, infolge welcher die Versuchspflanzen ihre erste Entwicklungsperiode fast bis zum Hervortreiben der Ähren in dem kühlen Mai vollenden konnten, wuchsen die Ansprüche der Verdunstung in diesem Jahre niemals so hoch, daß eine von 25 zu 15 Proz. der wasserfassenden Kraft schwankende Bodenfeuchtigkeit sie nicht wenigstens in der Hauptsache zu befriedigen vermocht hätte.

Um so wichtiger aber erscheint es uns, daß selbst unter diesen Verhältnissen der Ertrag der Nro. 551 soweit hinter den mit höherer Bodenfeuchtigkeit erreichbaren Ernten zurück blieb, wie die vorstehenden Resultate zeigen.

Man könnte fragen, warum wir bei unseren, den Wassersatz aus dem Boden betreffenden Versuchen nicht bestimmtere, möglichst fest liegende Punkte für die Bodenfeuchtigkeit annahmen, sondern dieselbe immer zwischen zwei weiteren Grenzen schwanken ließen, und unsere Antwort darauf ist folgende:

Von Beginn unserer Arbeiten an beherrschte uns die Furcht, daß wir mit all den Schwierigkeiten, welche dem Gärtner die Topfkultur der Gewächse bereitet, in erhöhtem Grade zu kämpfen haben würden. Die ganze Tendenz unserer Versuche erlaubte uns zunächst nicht, ein poröses Material für unsere Kulturgefäße zu nehmen; es blieb uns gleich hier gar keine Wahl als Glas; weitere Rücksichten erforderten, daß die Gefäße eine verhältnismäßig bedeutende Höhe bei geringer Weite erhielten. Unter diesen Umständen war wenig auf eine lebhafteste Luftcirculation in dem Boden zu rechnen. Daß die immerhin mäßige Steindrainage, die wir jedem Gefäße gaben, einen hinreichenden Ersatz für die nicht porösen Gefäßwände geben würde, wagten wir nicht anzunehmen. In Erwägung alles dessen glaubten wir die uns unentbehrlich erscheinende Luftbewegung im Boden wenigstens dadurch nach Möglichkeit fördern zu sollen, daß wir die Bodenfeuchtigkeit in weiteren Grenzen, zeitweise sogar bis nahe zum Austrocknen schwanken ließen. Diese Rücksichten waren es auch, welche die in den eben mitgeteilten Versuchen des Jahres 1865 Nro. 530 bis 541 (80 bis 5 Proz., 60 bis 5 Proz. der wasserfassenden Kraft etc.) gewählten weiten Grenzen der Bodenfeuchtigkeit diktierten.

Jahrelange Erfahrung bewies uns aber, daß unsere Furcht gegenstandslos oder mindestens stark übertrieben war, und diese Erkenntnis veranlaßte uns, die vorliegende Frage in dem Jahre 1869 noch

weiter zu behandeln, jedoch mit der Abänderung, daß man die Bodenfeuchtigkeit enger als früher an bestimmten Punkten festhielt.

Die technische Ausführung änderte sich demgemäß dahin, daß man, während man früher die Pflanzen nur so oft begoß, als der Boden auf das ihm zuerkannte Minimum des Wassergehalts herabgesunken war, jetzt die Gefäße an jedem Morgen durch Wasserzugabe auf der Wage zu dem Normalgewichte zurückführte, welches dem ihm bestimmten Wassergehalte entsprach.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde dadurch zwar nicht absolut konstant erhalten, sie konnte aber niemals um mehr, als um das von den Pflanzen während 24 Stunden verdunstete Wassergewicht sinken.

Betreffs der Spezialitäten und des Erfolgs der Versuche ist zu erwähnen, daß in beiden Jahren die Beschickung der Gefäße mit Sand und Nährstoffen genau in derselben Weise erfolgte, wie im Jahre 1868.

Als Normalbodenfeuchtigkeit wurden bestimmt im Jahre 1869 für die Gefäße:

Nro. 552, 553 und 554.	80	Proz.	der	wasserfass.	Kraft	des	Sandes		
„ 555, 556 „ 557.	60	„	„	„	„	„	„	„	„
„ 558, 559 „ 560.	40	„	„	„	„	„	„	„	„
„ 561, 562 „ 563.	20	„	„	„	„	„	„	„	„

Diese verschiedenen Feuchtigkeitsgrade wurden aber nicht gleich bei Beginn der Versuche gegeben, sondern mit der Einsaat erhielten sämtliche Gefäße gleichmäßig eine Bodenfeuchtigkeit von 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes und erst, nachdem die Pflanzen ihr Keimleben vollendet hatten und zu wachsen begannen, wurde der Wassergehalt der Gefäße auf die verschiedenen Normalhöhen gebracht.

Man wollte damit einem Fehler entgehen, der den Versuchen der Vorjahre unleugbar anhaftet.

100 g Wasser zu 4000 g Sand gesetzt, dessen wasserfassende Kraft 25 Proz. beträgt, entsprechen offenbar einer Wassermasse, die 10 Proz. der wasserfassenden Kraft gleichkommt. Wenn man aber ein ziemlich hohes, mit 4000 g trockenem Sande gefülltes Gefäß mit 100 g Wasser begießt und nun annehmen wollte, man habe jetzt in allen Schichten des Gefäßes eine gleichmäßige Bodenfeuchtigkeit von 10 Proz. der wasserfassenden Kraft, so würde man sich sehr irren. Die verhältnismäßig geringe Wassermenge wird natürlich von den

oberen Bodenschichten vollständig festgehalten und die untersten bleiben ganz trocken.

So nahe die Sache lag, so müssen wir doch leider gestehen, daß wir in den ersten Jahren bei Anstellung unserer Versuche diesen Punkt vollständig übersehen hatten. Wir wurden erst darauf aufmerksam, als wir in den Jahren 1865 und 1866 bei der Ernte der mit durchschnittlich 15 Proz. Bodenfeuchtigkeit erzeugten Pflanzen bemerkten, daß die Wurzeln derselben nur bis zur Hälfte, resp. Zweidrittel der Bodentiefe in den Gefäßen herabgegangen waren.

Diesen Übelstand wollten wir dadurch, daß wir sämtliche Gefäße zunächst einmal gleichmäßig durchfeuchteten, vermeiden und erreichten jedenfalls damit zunächst soviel, daß wir bei der Ernte im Jahre 1869 auch die mit der niedrigsten Bodenfeuchtigkeit bedachten Gefäße bis zum Grunde gut durchwurzelt fanden.

Am 30. April 1869 wurde eine genügende Anzahl Samen (spezif. Gewicht zwischen 1,20 und 1,21; absol. Schwere zwischen 32 und 46 mg, im Mittel 38 mg lufttrocken) mit destilliertem Wasser angequellt und davon am 3. Mai, als sie ihr Würzelchen zu Tage gebracht, je 18 Stück pro Kulturgefäß eingesät.

Nach dem sehr gleichmäßig erfolgten Aufgehen entfernte man ein Drittel davon wieder und richtete dabei das Augenmerk natürlich auf die, welche sich am wenigsten vollkommen zeigten, oder an einer unbequemen Stelle den Boden durchbrochen hatten.

Die Vegetation der je 12 stehengebliebenen Pflanzen war in diesem Jahre dank den besonders günstigen klimatischen Verhältnissen eine ganz vorzügliche und eine bessere, als wir sie in irgend einem unserer Versuchsjahre vor- und nachher gehabt haben.

Auch diesmal zeigten sich die charakteristischen Unterschiede in Farbe und Bau der Pflanzen als Folge der verschiedenen Bodenfeuchtigkeit sehr bald. Doch war hierbei ausdrücklich zu bemerken, daß allezeit nicht die Nummern, welche das höchste Maß der Bodenfeuchtigkeit (80 Proz. der wasserfassenden Kraft) zur Verfügung hatten, sondern die Nummern, welchen eine konstante Bodenfeuchtigkeit von 60 Proz. der wasserfassenden Kraft gegeben wurde, an Größe und Üppigkeit alle anderen übertrafen.

Bei der am 24. Juli erfolgten Ernte fand man:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserrfassenden Kraft	Anzahl der			Länge der Halme vom Boden bis zur Grannenspitze cm	
		Pflanzen	Ähren	Körner		
552.		12	12	38 42 42 37	94 84 98 105	
				36 28 48 39	103 98 113 107	
				36 36 42 45 in Sa. 464	104 105 99 107 in Sa. 1217	
553.	80	12	13	36 19 38 37	106 77 103 103	
				40 31 36 38	108 108 105 107	
				20 32 39 30 31 in Sa. 427	99 101 108 96 107 in Sa. 1323	
554.		12	13	38 39 35 41	95 98 105 103	
				38 28 22 42	105 85 116 109	
				38 28 22 20 40 in Sa. 426	92 95 66 89 108 in Sa. 1266	
im Mittel		12	13	439	355	1269
555.		12	15	46 22 42 30	117 80 117 112	
				38 20 44 26	105 98 111 83	
				46 40 45 38 22 20 18 in Sa. 497	115 112 109 81 110 78 77 in Sa. 1505	
556.	60	12	13	43 42 30 47	114 113 103 114	
				33 18*) 21 20	110 115 107 97	
				18*) 15 41 41 45 in Sa. 414	98 73 112 84 38 in Sa. 332	
557.		12	12	34 30 43 39	107 100 114 107	
				40 40 37 35	111 116 100 103	
				31 33 30 32 in Sa. 424	101 103 103 107 in Sa. 1272	
im Mittel		12	13	445	347	1377

558.	12	14	$\left\{ \begin{array}{l} 31 \ 38 \ 37 \ 15^*) \\ 21 \ 10 \ 39 \ 30 \\ 38 \ 36 \ 39 \ 39 \\ 30 \ 45 \\ \text{in Sa. 443} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 27 \ 30 \ 27 \ 11^*) \\ 16 \ 4 \ 33 \ 20 \\ 34 \ 29 \ 33 \ 38 \\ 25 \ 15 \\ \text{in Sa. 342} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 105 \\ 94 \\ 105 \ 108 \ 103 \ 99 \\ 93 \ 104 \\ \text{in Sa. 1348} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 97 \ 102 \ 78 \\ 64 \ 108 \ 88 \\ 108 \ 103 \ 99 \\ 104 \\ \text{in Sa. 1348} \end{array} \right.$
559.	12	13	$\left\{ \begin{array}{l} 42 \ 45 \ 32 \ 39 \\ 26 \ 38 \ 38 \ 33 \\ 35 \ 7 \ 34 \ 37 \\ 42 \ \text{in Sa. 448} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 38 \ 35 \ 23 \ 32 \\ 16 \ 33 \ 27 \ 27 \\ 28 \ 20 \ 27 \ 28 \\ 36 \ \text{in Sa. 370} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 102 \ 115 \ 105 \ 103 \\ 97 \ 96 \ 101 \ 103 \\ 100 \ 88 \ 98 \ 108 \\ 101 \ \text{in Sa. 1312} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 103 \\ 103 \\ 108 \\ 1312 \end{array} \right.$
560.	12	12	$\left\{ \begin{array}{l} 48 \ 31 \ 43 \ 30 \\ 28 \ 36 \ 27 \ 16 \\ 45 \ 33 \ 37 \ 37 \\ \text{in Sa. 411} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 41 \ 21 \ 40 \ 0^{**}) \\ 24 \ 33 \ 20 \ 7 \\ 38 \ 27 \ 30 \ 35 \\ \text{in Sa. 316} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 113 \ 88 \ 114 \ 95 \\ 97 \ 107 \ 90 \ 66 \\ 111 \ 111 \ 107 \ 103 \\ 111 \ \text{in Sa. 1202} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 95 \\ 66 \\ 103 \\ 1202 \end{array} \right.$
im Mittel	12	13	434	343		1284
561.	12	13	$\left\{ \begin{array}{l} 38 \ 39 \ 36 \ 14 \\ 18 \ 16 \ 40 \ 43 \\ 19^{*}) \ 27 \ 33 \ 10^{*}) \\ 24 \ \text{in Sa. 357} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 31 \ 30 \ 33 \ 8 \\ 13 \ 10 \ 36 \ 35 \\ 17^{*}) \ 19 \ 27 \ 5^{*}) \\ 0 \ \text{in Sa. 264} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 101 \ 101 \ 101 \ 63 \\ 79 \ 88 \ 99 \ 101 \\ 98 \ 94 \ 91 \ 49 \\ 51 \ \text{in Sa. 1111} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 63 \\ 101 \\ 49 \\ 1111 \end{array} \right.$
562.	12	12	$\left\{ \begin{array}{l} 20^{*}) \ 28 \ 32 \ 35 \\ 40 \ 28 \ 46 \ 28 \\ 30 \ 34 \ 14 \ 41 \\ \text{in Sa. 376} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19^{*}) \ 22 \ 22 \ 25 \\ 28 \ 21 \ 37 \ 22 \\ 24 \ 24 \ 8 \ 33 \\ \text{in Sa. 285} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 104 \ 94 \ 91 \ 97 \\ 98 \ 88 \ 94 \ 80 \\ 82 \ 96 \ 67 \ 100 \\ \text{in Sa. 1091} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 97 \\ 80 \\ 100 \\ 1091 \end{array} \right.$
563.	12	12	$\left\{ \begin{array}{l} 48 \ 36 \ 25 \ 48 \\ 36 \ 33 \ 33 \ 36 \\ 33 \ 30 \ 15^{*}) \ 33 \\ \text{in Sa. 406} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 42 \ 28 \ 19 \ 38 \\ 30 \ 24 \ 24 \ 29 \\ 27 \ 23 \ 11^{*}) \ 22 \\ \text{in Sa. 317} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 100 \ 94 \ 95 \ 109 \\ 94 \ 95 \ 94 \ 105 \\ 90 \ 94 \ 82 \ 92 \\ \text{in Sa. 1154} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 109 \\ 105 \\ 92 \\ 1154 \end{array} \right.$
im Mittel	12	12	380	289		1119

36 *

*) Hordeum distichon.
 **) Die Pflanze war krank, von einem Pilze befallen.

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz			in Sa. mg	Verhältnis Summa = 100		Ein Korn wog im Durchschnitt mg	
		der Körner mg	des Strohes mg	der Spreu mg		Körner : Stroh :	Spreu		
552.	80	10 688	12 067	1991	24 741	43,2	48,8	8,0	28
553.		10 741	12 969	2129	25 839	41,6	50,2	8,2	29
554.		9 141	11 993	1665	22 799	40,1	52,6	7,3	29
im Mittel)		10 188	12 343	1928	24 459	41,6	50,5	7,9	29
555.	60	10 701	13 641	2243	26 585	40,3	51,3	8,4	29
556.		10 257	14 261	2216	26 734	38,4	53,3	8,3	31
557.		8 320	12 689	1766	22 775	36,5	55,7	7,8	25
im Mittel)		9 759	13 530	2075	25 364	38,4	53,4	8,2	28
558.	40	10 093	11 861	1969	23 923	42,2	49,6	8,2	30
559.		10 398	12 397	2058	24 853	41,8	49,9	8,3	28
560.		9 283	11 889	1875	23 047	40,3	51,6	8,1	30
im Mittel)		9 925	12 049	1967	23 941	41,4	50,4	8,2	29
561.	20	7 267	8 396	1575	17 238	42,2	48,7	9,1	28
562.		8 047	8 275	1615	17 937	44,9	46,1	9,0	28
563.		8 528	8 494	1578	18 600	45,8	45,7	8,5	27
im Mittel)		7 947	8 388	1589	17 925	44,3	46,8	8,9	28

Zu den Kontrolleversuchen im Jahre 1870 wurden sieben Gefäße wiederum in derselben Weise (Sand, Nährstoffmischung etc.) hergerichtet, wie in den Jahren 1868/69, und zunächst sämtlich mit 600 g Wasser (entsprechend 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes) gleichmäßig durchfeuchtet.

Dann wurden Gerstensamen (spezif. Gewicht 1,220 bis 1,235, absol. Schwere zwischen 28 und 38, im Mittel 33,3 g lufttrocken) am 25. April mit destilliertem Wasser angestellt und, nachdem sie zu keimen begonnen, 29. ds. Mts. eingesät.

Das Aufgehen der Saat verlief in diesem Jahre infolge sehr kühler Temperatur langsam und unregelmäßig; noch am 12. und 13. Mai kamen einzelne Nachzügler aus dem Boden, von denen viele ein recht kümmerliches Aussehen hatten.

Dieser mißliche Stand unserer Kulturen bewog uns, am 18. Mai die Zahl der ursprünglich wieder auf je zwölf pro Kulturgefäß berechneten Pflanzen durch teilweises Wegschneiden auf je sechs bis sieben zu reduzieren.

Nachdem es durch diese Operation gelungen war, ein nahezu gleiches Bestandensein aller Nummern herbeizuführen, wurde am 18. Mai die Bodenfeuchtigkeit

in Nro. 564 auf 80 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes									
"	"	565	"	60	"	"	"	"	"
"	"	566	"	40	"	"	"	"	"
"	"	567	"	30	"	"	"	"	"
"	"	568	"	20	"	"	"	"	"
"	"	569	"	10	"	"	"	"	"
"	"	570	"	5	"	"	"	"	"

gestellt und von diesem Tage an bis zur Ernte durch täglichen Ersatz des verdunsteten Wassers möglichst konstant erhalten.

Die eintretenden günstigeren Temperaturverhältnisse ermöglichten noch einen ganz guten Verlauf der Vegetation, wobei sich bald alle dieselben Erscheinungen, welche als Folge der verschiedenen Bodenfeuchtigkeit in den früheren Jahren aufgetreten waren, wiederum bemerklich machten, und man erntete schließlic am 19. Juli:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Körner	Länge der Halme vom Boden bis zur Grannenspitze cm
		Pflanzen	Ähren	unfruchtbaren Triebe	Ährchen		
564.	80	7	10	11	{ 39 42 42 52 49 30 39 19 18 18 in Sa. 348 }	35 36 32 39 44 28 37 14 3 8 in Sa. 276	108 105 105 106 104 103 107 85 90 63 in Sa. 976
565.	60	6	13	5	{ 40 28 36 43 42 25 35 26 22 19 24 20 28 in Sa. 388 }	40 21 26 36 38 18 27 22 16 15 19 14 19 in Sa. 311	112 112 110 107 103 102 95 96 87 86 86 82 76 in Sa. 1254
566.	40	6	13	4	{ 41 43 49 38 26 31 31 31 20 19 23 15 27 in Sa. 394 }	37 35 41 31 19 29 25 20 15 12 18 10 21 in Sa. 313	110 110 106 99 97 97 96 89 81 75 67 59 58 in Sa. 1140
567.	30	7	10	7	{ 48 50 43 41 38 38 26 18 31 17 in Sa. 350 }	43 45 27 25 23 27 30 17 22 10 in Sa. 269	104 102 97 96 92 90 90 83 75 74 in Sa. 903

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der Halme vom Boden bis zur Grannenspitze cm																								
		Pflanzen Ähren	unfruchtbaren Triebe	Ährchen	Körner																									
568.	20	6	11	7	<table border="0"> <tr> <td>38</td><td>57</td><td>58</td><td>43</td><td>30</td><td>25</td><td>30</td><td>27</td> </tr> <tr> <td>43</td><td>40</td><td>19</td><td>17</td><td>36</td><td>22</td><td>14</td><td>13</td> </tr> <tr> <td>19</td><td>13</td><td>10</td><td></td><td>13</td><td>8</td><td>6</td><td></td> </tr> </table>	38	57	58	43	30	25	30	27	43	40	19	17	36	22	14	13	19	13	10		13	8	6		91 85 83 89 87 83 60 51 50 49 44
38	57	58	43	30	25	30	27																							
43	40	19	17	36	22	14	13																							
19	13	10		13	8	6																								
569.	10	7	7	2	<table border="0"> <tr> <td>33</td><td>12</td><td>15</td><td>12</td><td>23</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td> </tr> <tr> <td>18</td><td>6</td><td>0</td><td></td><td>4</td><td>1</td><td>0</td><td></td> </tr> </table>	33	12	15	12	23	3	1	0	18	6	0		4	1	0		49 48 48 47 41 26 25								
33	12	15	12	23	3	1	0																							
18	6	0		4	1	0																								

570. 5 { Die Pflanzen hatten je 3 bis 4 Blätter erzeugt, zur Entwicklung eines Halmes war keine gelangt.

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz				Verhältnis Summa = 100	Ein Korn wog im Durchschnitt mg		
		der Körner	des Strohes	der Spreu	in Sa.				
564.	80	8767	9474	1452	19693	44,5	48,1	7,4	32
565.	60	9957	11000	1806	22763	43,7	48,3	8,0	32
566.	40	10507	9635	1618	21760	44,3	44,3	7,4	34
567.	30	9730	8203	1832	19765	49,2	41,5	9,3	36
568.	20	7748	5505	1367	14620	53,0	37,7	9,3	35
569.	10	724	1802	483	3009	24,1	59,9	16,0	23
570.	5	—	123	—	123	—	100,0	—	—

Sämtliche Versuchsreihen weisen übereinstimmend darauf hin, dafs die Höhe der Bodenfeuchtigkeit einen überaus wirksamen und diffizilen Faktor für die Produktionskraft der Gewächse repräsentiert.

In einem Boden, dessen Wassergehalt sich konstant auf einer Höhe erhält, welche 80 Proz. der wasserfassenden Kraft nahe kommt, finden die Pflanzen nicht die günstigsten Bedingungen ihrer Existenz; der Gesamtertrag bleibt hinter dem übrigens möglichen Maximum zurück; besonders aber leidet die Entwicklung der Samen, das Verhältnis der Körner zum Stroh wird ein verhältnismäfsig niedriges und das Durchschnittsgewicht der einzelnen Samen wird kein hohes.

Viel stärker aber zeigt sich der Einflufs der Bodenfeuchtigkeit, wenn dieselbe ansehnlich unter etwa ein Drittel der wasserfassenden Kraft des Bodens herabsinkt. Schon eine Bodenfeuchtigkeit von 20 Proz. der wasserfassenden Kraft vermag dem Wasserbedürfnis der Gewächse selbst unter günstigen klimatischen Verhältnissen nicht mehr voll zu genügen und schädigt die Produktion derselben merklich; während bei einer solchen von 10 Proz. der wasserfassenden Kraft ein Wachstum der Pflanzen schon überhaupt fast nicht mehr möglich ist.

Wir glauben kaum zu irren, wenn wir den Grund für den schädlichen Einflufs in beiden Fällen entweder einzig, oder mindestens hauptsächlich in dem gestörten Verhältnisse zwischen Wasserverlust und Wasserersatz im Innern der Pflanze, und in der dadurch herbeigeführten Hemmung der Stoffwanderung und Assimilation suchen.

An eine ungenügende Zuführung von Nährstoffen wird man wenigstens in unseren Versuchen nicht denken können, wenn man berücksichtigt, dafs hier schon viel weniger als 100 oder selbst 50 g Wasser zur Aufnahme der ganzen in Form sehr leicht löslicher Salze gegebenen Nährstoffmischung ausgereicht hätten. Ausserdem zeigten bei der Analyse die mit geringer Bodenfeuchtigkeit ernährten Mangelpflanzen stets einen ansehnlich gröfseren Aschengehalt, als die unter reichlicher Wasserzuführung erzeugten Normalpflanzen.

Und ebenso wenig möchten wir umgekehrt nicht in einer eventuell zu hohen Konzentration der im Boden zirkulierenden Nährstofflösung ein schädigendes Moment suchen. Das Gesamtgewicht der in den Jahren 1868, 1869 und 1870 pro Kulturgefäfs gegebenen Nährstoffmischung betrug in Summa 1,755 g; wenn man also in einem Gefäfs, dessen Bodenfeuchtigkeit auf 20 Proz. der wasserfassenden Kraft nor-

miert war, 200 g Wasser gab, so konnte die Konzentration der Lösung — selbst wenn man von der Flächenanziehung der Sandpartikelchen ganz absieht —, noch nicht 0,9 Proz. betragen; und diese Konzentration mußte sich, sobald die Pflanzen zu assimilieren anfangen, da eine weitere Zuführung von Nährstoffen nicht stattfand, von Tage zu Tage vermindern. — Eine weitere Stütze für diese Ansicht finden wir noch darin, daß sich die schädlichen Wirkungen zu geringer Bodenfeuchtigkeit, wie wir sofort zeigen werden, nicht nur in dem mit künstlichen Nährstoffmischungen versehenen Sande geltend machten, sondern genau ebenso in unserem Gartenboden auftraten.

Für unsere Versuchsmethode ergaben die Beobachtungen als einen erwünschten praktischen Anhalt den Beweis, daß, obwohl der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit immer in einer gewissen Abhängigkeit von der zufällig herrschenden Temperatur und Lufttrockenheit steht, doch ein Wassergehalt des Bodens, der sich in der Nähe der Hälfte seiner wasserfassenden Kraft bewegt, unter allen Umständen der günstigste ist, — und daß man im allgemeinen bei der Sandkultur in geschlossenen Gefäßen die Bodenfeuchtigkeit zwischen 60 und 40 Proz., oder wohl von 70 bis zu 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwanken lassen durfte, ohne den Ertrag und die Richtigkeit der Resultate zu schädigen.

Zunächst war dieser Beweis allerdings nur für unseren Quarzsand erbracht, es blieb weiter zu erörtern, ob die gleichen Sätze auch für den von uns des öfteren benützten Gartenboden Gültigkeit hätten.

Zur Lösung dieser Frage wurden im Jahre 1871 eine Anzahl großer Glaskulturgefäße von 63 bis 64 cm nutzbarer Höhe und 16 cm oberem, 13 bis 14 cm unterem Durchmesser mit Steinen drainiert und mit Gartenboden gefüllt. Sie faßten von letzterem 12 500 bis 13 400 g (trocken gedacht).

In jedes derselben wurden am 13. Mai vier ausgesucht schöne Gerstenkörner gebracht (absolutes Gewicht derselben zwischen 42 und 52 mg im Mittel 46 mg lufttrocken).

Die Bodenfeuchtigkeit wurde während der ganzen Vegetationszeit

in Nro. 571	von 80	zu 40	Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens					
„ „ 572	„ 60	„ 20	„ „	„	„	„	„	„
„ „ 573	„ 25	„ 15	„ „	„	„	„	„	„
„ „ 574	„ 15	„ 5	„ „	„	„	„	„	„

erhalten.

Die Entwicklung der Pflanzen zeigte bald genau dieselben Erscheinungen, welche bei den parallelen Reihen der früheren Jahre im Sande beobachtet worden waren.

Am 12. Juli bei hoher Temperatur erschien die Gerste in Nro. 574 sehr welk und trocken, starb aber nicht ab.

Der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit zeigt sich deutlich in den nachstehenden Ernteresultaten, denen wir noch die Erträge von vier weiteren Gefäßen, die als Reservenummern mit einer von 60 zu 20 Proz. wasserfassender Kraft schwankenden Bodenfeuchtigkeit mit fortgezüchtet waren und sonst keine Verwendung gefunden hatten. Sie mögen zur Kontrolle der Nro. 572 und zur bessern Fixierung der unter normalen Verhältnissen stattgehabten Produktion dienen.

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl*) der		Länge der ährentragenden Halme bis zur Grannenspitze cm	in Sa. 2014
		Ähren	Samen		
571.	80—40	21	1	(30 32 29 33 31)	(111 109 113 94 95)
				(60 29 33 24 23 24) (48 54 48 36 48) (40 36 35 27 26)	(22 25 20 23 25) (20 22 26 20 17 18) (15 16 16 9 14) (31 29 29 21 17)	(112 92 99 91 67 76) (110 98 86 78 82) (120 112 106 83 80)
572.	60—20	28	2	(35 39 36 34 30 27) (63 59 48 57 49 51 57 46) (40 34 35 38 29 36 26 18) (39 45 37 33 31 38)	(114 83 101 76 79 66) (87 90 76 80 94 70 77 63) (114 109 105 96 84 90 62 56) (106 112 104 95 82 70)
				(25 29 35 32 23 15 18 17 15) (37 27 26 28 15 11 14 7) (36 31 24 21 25 16 12 21) (38 24 13 18 17 14 15 15)	(28 27 24 25 23 18) (22 18 14 19 16 14 18 11) (34 27 26 28 23 27 15 3) (31 39 31 23 26 27)	(84 76 63 54 45 44 47 39 30) (91 70 70 68 54 42 49 39) (88 74 63 62 54 48 44 40) (85 70 60 56 45 40 52 46)
573.	25—15	33	14	(25 29 35 32 23 15 18 17 15) (37 27 26 28 15 11 14 7) (36 31 24 21 25 16 12 21) (38 24 13 18 17 14 15 15)	(24 22 29 26 15 9 6 6 0) (30 21 19 16 10 6 3 0) (28 24 18 9 0 10 8 1) (30 18 9 10 10 2 10 0)
				(35 39 36 34 30 27) (63 59 48 57 49 51 57 46) (40 34 35 38 29 36 26 18) (39 45 37 33 31 38)	(28 27 24 25 23 18) (22 18 14 19 16 14 18 11) (34 27 26 28 23 27 15 3) (31 39 31 23 26 27)	(84 76 63 54 45 44 47 39 30) (91 70 70 68 54 42 49 39) (88 74 63 62 54 48 44 40) (85 70 60 56 45 40 52 46)

*) Die () schliessen immer die zu ein und derselben Pflanze gehörigen Ähren, Körner oder Halme ein.

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl *) der		unfruchtbaren Triebe	Samen		Länge der ährentragenden Halme bis zur Grannenspitze cm
		Ähren	Ährchen		Ähren	Ährchen	
574.	15—5	8	6	{ (37 26) (30 26) (23 24) (38 27) in Sa. 231	(25 18) (23 19) (12 11) (27 15) in Sa. 150	(54 43) (51 53) (56 35) (60 42) in Sa. 394	
575.	60—20	26	—	{ (38 31 26 23 22 25) (28 31 29 26 25 24) (42 37 36 28 35 32) (45 45 68 66 40 50 36 57) in Sa. 945	(32 23 19 16 17 20) (21 23 22 20 18 20) (36 29 20 23 29 25) (14 15 22 21 21 20 20 18) in Sa. 564	(106 100 74 81 80 77) (99 111 106 81 80 81) (109 98 84 75 90 87) (80 82 87 80 83 76 81 77) in Sa. 2265	
576.	60—20	26	2	{ (48 39 36 32 27 30) (34 39 33 32 42) (33 30 33 35 38 33 35) (34 42 33 42 42 26 30 32) in Sa. 910	(42 33 32 26 21 22) (27 33 29 23 40) (24 26 26 27 31 26 28) (26 36 30 34 33 25 24 20) in Sa. 744	(105 94 97 88 77 78) (105 92 97 77 83) (81 88 98 97 105 77 71) (98 106 81 108 90 94 81 69) in Sa. 2337	
577.	60—20	28	7	{ (34 37 33 33 30 27 21) (22 42 33 35 36 33) (36 46 39 58 39 30 26 42 25) (31 33 37 53 26 25) in Sa. 962	(27 31 29 24 21 22 0) (16 34 27 27 26 27) (30 19 15 20 12 8 8 0 7) (24 23 21 46 19 19) in Sa. 562	(99 70 78 97 74 90 42) (80 110 78 95 101 78) (91 86 90 95 94 68 54 56 60) (80 87 88 104 90 66) in Sa. 2301	

*) Siehe Note auf Seite 571.

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl*) der			Länge der ährentragenden Halme bis zur Grannenspitze cm
		unfruchtbaren Ähren	Ährchen	Samen	
578.	60—20	—	(40 50 42 40) (39 48 38 40 40) (34 41 32 29 48 48 22 15) (42 39 35 36 37 41)	(38 41 36 31) (32 39 30 33 31) (25 34 24 22 34 36 15 10) (37 29 28 27 29 36)	(101 117 108 91) (100 104 93 80 77) (94 111 94 86 82 86 75 63) (116 110 94 103 87 83)
			in Sa. 866	in Sa. 692	in Sa. 2155

Wasser.

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz			Verhältnis		Ein Korn wog im Durchschnitt mg		
		der Körner	des Strohes	der Spreu	Summa = 100	Körner : Stroh : Spreu			
571.	80—40	17,09	18,47	3,70	39,26	43,6	47,0	9,4	39
572.	60—20	23,10	21,29	4,97	49,36	46,8	43,1	10,1	36
573.	25—15	15,40	13,06	3,16	31,62	48,7	41,3	10,0	36
574.	15—5	2,53	5,37	0,53	8,43	30,0	63,7	6,3	17
575.	60—20	22,86	18,49	4,89	46,24	49,4	40,0	10,6	41
576.	60—20	26,62	18,98	4,50	50,10	53,1	37,9	9,0	36
577.	60—20	21,12	19,82	4,63	45,57	46,3	43,5	10,2	36
578.	60—20	24,43	18,13	4,99	47,55	51,4	38,1	10,5	35

*) Siehe Note auf Seite 571.

Diese Resultate geben durchaus keinen Grund zu der Annahme, daß sich unser Gartenboden bezüglich des Wasserersatzes wesentlich anders verhalte, als unser Quarzsand.

Von trockenem Sande, oder überhaupt von Böden mit sehr geringer wasserfassender Kraft schließt die landwirtschaftliche Praxis den Anbau gewisser Pflanzenarten gänzlich aus. Da, wo Roggen, Hafer, Lupinen und Buchweizen die Hauptfrüchte bilden, säet man nicht Weizen, Bohnen und dergleichen. Diese Thatsache ließe die fernere Frage nicht ohne Interesse erscheinen, ob einzelne Pflanzengattungen geringere Ansprüche an die Bodenfeuchtigkeit machen, als andere, — ob einzelne die Fähigkeit hätten, ihren Wasserersatz merklich leichter zu bewerkstelligen, als andere.

Wir versäumten nicht, so oft wir mit anderen Gewächsen als der gewöhnlich benutzten kleinen Gerste experimentierten, eine Versuchsreihe in dieser Richtung mit anzustellen und geben nachstehend die Resultate derselben in so gedrängter Kürze wie möglich.

Versuche mit Sommerroggen.

a. Im Jahre 1867.

Boden: 4000 g gereinigter Quarzsand.

Nährstoffmischung pro Kulturgefäß:

4 mg-Äquiv. =	544 mg	saures phosphorsaures Kali,
2 " " =	117 "	Kochsalz,
2 " " =	120 "	schwefelsaure Magnesia,
20 " " =	1640 "	salpetersaurer Kalk und
4 " " =	404 "	salpetersaures Kali.

Bodenfeuchtigkeit:

für Nro. 579.	80—60	Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes
" " 580.	60—40	" " " " "
" " 581.	40—20	" " " " "
" " 582.	20—10	" " " " "

Saatgut: spezifisches Gewicht zwischen 1,325 und 1,340; absolute Schwere zwischen 18 und 22 mg; im Durchschnitt pro Same 19,3 mg lufttrocken.

Saatzeit: die am 6. April mit destilliertem Wasser angestellten Samen wurden am 8. d. M., nachdem sie ihr Würzelchen gezeitigt, in den Boden gebracht.

Bei anfangs sehr kühlem Wetter verlief das Aufgehen der Pflanzen sehr langsam und unregelmäßig. Mit Anfang Mai aber besserten sich die klimatischen Verhältnisse und die Vegetation nahm von da an einen sehr befriedigenden Verlauf.

So auffallende Unterschiede in der äußeren Erscheinung, wie bei der Gerste, traten beim Roggen zwischen den vier Gliedern der Versuchsreihe nicht auf. Selbst in der Größe zeichnete sich während der ersten Lebenshälfte nur Nro. 582 vor den übrigen entschieden unvorteilhaft aus. Erst später blieb auch die Nro. 581 hinter ihren Vordermännern etwas zurück.

Das Hervortreiben der ersten Ähre und das Blühen erfolgte bei allen vier Nummern ganz gleichzeitig; ersteres am 31. Mai, letzteres in der Zeit vom 7. bis 12. Juni.

Das Ausreifen verzögerte sich bei Nro. 582 im Vergleich zu den anderen Nummern merklich.

Bei der Ernte fand man:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der ähren-tragenden Halme cm	
		Pflanzen	Ähren	Samen			
579.	80—60	8	19	1	120 128 110 117 137 180 130 104 110 100 144 132 132 135 123 130 99 138 136 in Sa. 2353		
580.	60—40	8	19	2	141 119 145 127 117 137 121 135 143 109 140 129 110 137 97 76 142 95 132 in Sa. 2352		
581.	40—20	8	17	9	97 121 94 111 118 105 102 115 108 90 92 98 110 112 108 113 115 in Sa. 1809		
582.	20—10	8	18	10	63 98 99 69 47 36 57 83 62 71 87 90 92 75 65 55 98 100 in Sa. 1347		
Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz				Verhältnis Summa = 100	Ein Korn wog im Durchschnitt mg
		der Körner	des Strohes u. der Spreu	in Sa.	Körner : Stroh und Spreu		
579.	80—60	10 323	mg	26 718	38,6	61,4	21
580.	60—40	10 351	16 395	25 478	40,6	59,4	20
581.	40—20	8 080	15 127	19 860	40,7	59,3	23
582.	20—10	3 876	11 780	12 146	31,9	68,1	24

b. Im Jahre 1868.

Boden: 4000 g gereinigter Quarzsand.

Nährstoffmischung pro Kulturgefäß:

2,0 mg-Äquival. =	272 mg	saures phosphorsaures Kali,
1,0 " " =	75 "	Chlorkalium,
1,6 " " =	96 "	schwefelsaure Magnesia und
18,0 " " =	1476 "	salpetersaurer Kalk.

Bodenfeuchtigkeit:

für Nro. 583.	90—60	Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes
" " 584.	50—30	" " " " " "
" " 585.	25—15	" " " " " "

Saatgut: spezifisches Gewicht zwischen 1,325 und 1,340; absolute Schwere zwischen 22 und 26 mg; im Durchschnitt pro Korn 23,5 mg lufttrocken.

Saatzeit: am 18. April in Wasser und von da am 20. April in den Boden gebracht.

Das Wachstum der Pflanzen war befriedigend; die einzelnen Vegetationsepochen wurden von allen Nummern gleichzeitig vollendet und zwar erfolgte

	bei Nro. 583	Nro. 584	Nro. 585
das Aufgehen	24. bis 28. April	24. bis 28. April	24. bis 27. April
das Hervortreiben der Ähren	26. " 31. Mai	25. " 29. Mai	28. Mai " 1. Juni
das Blühen	4. " 11. Juni	3. " 10. Juni	5. bis 12. Juni
die volle Reife	21. Juli	21. Juli	21. Juli.

Betreffs des Aussehens der Pflanzen und der zwischen den einzelnen Gliedern der Reihe auftretenden Verschiedenheiten während der Vegetation liefs sich genau dasselbe sagen, wie im vorhergehenden Jahre; die Schlufsergebnisse der Ernte ergaben:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der ähren-tragenden Halme cm							
		Pflanzen	Ähren	Ähren	Samen								
583.	90—60	16	18	7	24 25 17 19 24 17 23 21 19 25 23 13 21 20 27 24 20 20 in Sa. 382	22 21 18 23 10 12 24 26 24 26 32 10 26 19 17 17 35 23 in Sa. 385	119 119 100 116 139 94 109 127 109 110 125 83 114 103 160 109 110 137 in Sa. 2063						
								16	19	5	19 15 20 20 21 21 27 19 22 19 20 22 21 17 18 17 21 15 14 in Sa. 368	27 8 23 17 26 29 29 30 19 17 21 18 17 23 17 14 27 12 30 in Sa. 404	103 85 118 125 105 124 140 133 100 106 112 107 89 106 115 87 115 84 114 in Sa. 2068
Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz				Verhältnis Summa = 100	Ein Korn wog im Durchschnitt mg						
		der Körner mg	des Strohes mg	der Spreu mg	in Sa. mg			Körner : Stroh : Spreu					
									7612	13 347	2045	23 004	33,1	58,0	8,9	20
7906	10 975					1807	20 688		38,2	53,1	8,7	20	
585.	25—15	16	20	8	4679	7 472	1057	13 208	35,4	56,6	8,0	21	

Versuche mit Sommerweizen.

a. Im Jahre 1867.

Boden: 4000 g gereinigter Quarzsand.

Nährstoffmischung pro Kulturgefäß:

4 mg - Äquival. =	544 mg	saures phosphorsaures Kali,
2 " " =	117 "	Kochsalz,
2 " " =	120 "	schwefelsaure Magnesia,
20 " " =	1640 "	salpetersaurer Kalk und
4 " " =	404 "	salpetersaures Kali.

Bodenfeuchtigkeit:

für Nro. 586.	80—60	Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes
" " 587.	60—40	" " " " "
" " 588.	40—20	" " " " "
" " 589.	20—10	" " " " "

Saatgut: spezif. Gewicht zwischen 1,33 und 1,34; absol. Schwere zwischen 32 und 44 mg; im Durchschnitt 36,5 mg pro Korn lufttrocken.

Saatzeit: am 11. April wurden die Samen mit Wasser angequell und, nachdem sie die Radikula hervorgetrieben, am 13. in den Sand gebracht.

Das Aufgehen erfolgte beim Weizen zwar besser, als bei dem Roggen in demselben Jahre, immerhin aber (in Folge der kühlen Temperatur) nicht so gleichmäfsig, wie man es wünschte. Speziell brauchten die Keimpflanzen der Nummer 588 zwei Tage länger, um den Boden zu durchbrechen, als die der übrigen Nummern. Diese kurze Verzögerung hatte aber offenbar keinen Einfluss auf die weitere Entwicklung, denn

	bei Nro. 586	Nro. 587	Nro. 588	Nro. 589
erschien die erste Ähre am	20. Juni	21. Juni	19. Juni	21. Juni
begann das Blühen am . .	28. "	27. "	25. "	26. "
trat volle Reife ein am . .	31. August	31. August	31. August	31. August.

Die Vegetation verlief ganz befriedigend. Der Einfluss der Bodenfeuchtigkeit machte sich dadurch kenntlich, dass in der Massentwicklung sehr früh schon Nro. 589, nach einiger Zeit auch Nro. 588 und zuletzt auch Nro. 587 hinter Nro. 586 zurückblieben, und dass die bei der Gerste schon erwähnten Unterschiede in Bau und Farbe der einzelnen Glieder der Reihe beim Weizen sehr grell hervortraten. Die Nro. 589 sah immer tief dunkelgrün aus und hatte eine steif zu nennende Haltung, während man die Farbe der Nro. 586 zu allen Zeiten geradezu mit gelbgrün bezeichnen konnte.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				unfruchtbare Triebe	Pflanzen Ähren	Ähren	Samen	Länge der ährentragenden Halme mg
		Ähren	Ähren	Samen	mg					
586.	80—60	8	14	10	{ 14 14 13 15 12 10 12 10 14 14 14 15 14 14 14 in Sa. 185	{ 97 35 31 37 27 15 22 16 35 26 30 37 28 36 in Sa. 412	{ 124 126 119 130 110 90 102 88 132 129 109 118 109 138 in Sa. 1644			
587.	60—40	8	13	11	{ 15 16 14 14 12 15 14 15 15 11 12 15 14 in Sa. 182	{ 35 36 15 23 12 22 29 33 34 14 16 36 32 in Sa. 337	{ 118 125 119 119 95 110 119 123 126 100 100 130 124 in Sa. 1509			
588.	40—20	8	12	6	{ 13 14 11 13 12 16 15 14 12 12 10 4 in Sa. 146	{ 28 29 1 27 20 33 35 34 22 13 18 2 in Sa. 265	{ 104 105 78 108 99 109 103 105 105 95 92 45 in Sa. 1148			
589.	20—10	8	8	0	{ 10 10 11 9 9 11 9 9 9 in Sa. 78	{ 20 19 15 11 17 19 5 9 in Sa. 115	{ 76 69 72 70 74 86 70 63 in Sa. 580			

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz		Verhältnis Summa = 100	Ein Korn wog in Durchschnitt mg
		der Körner mg	des Strohes u. der Spreu mg		
586.	80—60	11 420	23 265	Körner : Stroh und Spreu	67,1
587.	60—40	10 298	21 395		32,9
588.	40—20	8 425	15 055	Körner : Stroh und Spreu	67,5
589.	20—10	2 758	7 010		64,1
					71,8

b. Im Jahre 1868.

Boden: 4000 g gereinigter Quarzsand.

Nährstoffmischung pro Kulturgefäß:

2,2 mg-Äquival. =	299 mg	saures phosphorsaures Kali,
1,0 " " =	75 "	Chlorkalium,
1,6 " " =	96 "	schwefelsaure Magnesia und
20,0 " " =	1640 "	salpetersaurer Kalk.

Bodenfeuchtigkeit:

für Nro. 590.	90—60	Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes,
" " 591.	50—30	" " " " " "
" " 592.	25—15	" " " " " "

Saatgut: spezifisches Gewicht zwischen 1,33 und 1,34; absolute Schwere zwischen 32 und 42; im Mittel 37,3 mg pro Korn lufttrocken.

Saatzeit: nachdem die Samen vom 15. April an in destilliertem Wasser gelegen, wurden sie am 18. d. M. mit eben hervorgebrochener Radikula in den Boden gebracht.

Das Aufgehen erfolgte unregelmäßig und in Nro. 590 blieben mehrere Keimpflanzen sogar ganz aus.

Im Übrigen verlief die Vegetation der Reihe gut und bot keinen Anlaß zu neuen Bemerkungen.

	Nro. 590	Nro. 591	Nro. 592
Die Ähren wurden hervorgeschoben			
am	13. bis 19. Juni	9. bis 18. Juni	10. bis 18. Juni
Blüte bemerkt am	20. " 25. "	16. " 21. "	18. " 23. "
Die Pflanzen wurden reif geerntet am	1. August	1. August	1. August

Letzteres mit folgenden Resultaten:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der ähren-tragenden Halme cm	
		unfrucht-baren Triebe	Ähren	Samen			
590.	90—60	8	15	3	{ 13 12 14 13 13 13 13 13 14 9 12 11 15 15 12 in Sa. 192	23 27 19 27 21 17 19 31 28 12 18 17 in Sa. 336	103 120 110 90 119 121 112 95 108 78 106 95 93 113 112 in Sa. 1574
591.	50—30	12	15	4	{ 15 12 14 11 11 15 13 11 15 13 13 11 14 12 13 in Sa. 193	31 19 22 19 17 31 18 19 30 20 20 16 in Sa. 329	119 89 95 92 96 113 101 101 112 104 106 90 103 89 106 in Sa. 1516
592.	25—15	12	14	0	{ 12 12 10 11 9 9 13 11 8 9 9 8 4 3 in Sa. 128	25 23 17 23 16 16 27 23 14 21 17 12 1 2 in Sa. 237	72 92 67 86 86 78 88 75 24 86 78 28 76 90 in Sa. 1026

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz			Verhältnis Summa = 100		Ein Korn wog im Durchschnitt mg		
		der Körner mg	des Strohes mg	der Spreu mg	Körner : Stroh :	Spreu mg			
590.	90—60	8391	15 201	3929	27 521	30,5	55,2	14,3	25
591.	50—30	8401	14 817	3970	27 188	30,9	54,5	14,6	26
592.	25—15	6605	7 543	2656	16 804	39,3	44,9	15,8	28

Versuche mit Hafer.

a. Im Jahre 1867.

Boden: 4000 g gereinigter Quarzsand.

Nährstoffmischung pro Kulturgefäß:

4 mg-Äquival.	=	544 mg	saures phosphorsaures Kali,
2 "	"	=	117 " Kochsalz,
2 "	"	=	120 " schwefelsaure Magnesia,
20 "	"	=	1640 " salpetersaurer Kalk und
4 "	"	=	40½ " salpetersaures Kali.

Bodenfeuchtigkeit:

für Nro. 593:	80—60	Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes,
" " 594:	60—40	" " " " "
" " 595:	40—20	" " " " "
" " 596:	20—10	" " " " "

Saatgut: spezifisches Gewicht zwischen 1,07 und 1,08; absolute Schwere zwischen 37 und 47 mg; im Durchschnitt pro Same 40,9 mg lufttrocken.

Saatzeit: die am 2. Mai mit destilliertem Wasser zum Keimen angestellten Samen wurden am 4. d. M. mit kurz ausgetriebenem Würzelchen in den Boden gebracht.

Die Keimpflanzen erhoben sich über der Bodenoberfläche

bei Nro. 593	am	9. und 10. Mai,
" " 594	"	9. " 10. "
" " 595	"	10. " "
" " 596	"	10. " 11. "

Die Vegetation verlief im ganzen günstig. Zwar wurde die Reihe vom Rost und von Blattläusen heimgesucht, da man aber die Feinde täglich nach Möglichkeit tilgte, so machte sich ein auffälliger Nachteil für die Entwicklung nicht davon bemerkbar. Ausdrücklich konnte dabei konstatiert werden, daß die beiden Nummern 593 und 594 früher und stärker befallen wurden als Nro. 595, und die Nro. 596 wurde von den tierischen wie pflanzlichen Schmarotzern beinahe gänzlich verschont.

Das Massenwachstum stellte sich bei den einzelnen Gliedern der Reihe bald in ein bestimmtes Verhältnis zu der gegebenen Bodenfeuchtigkeit, so dafs Nro. 593 den üppigsten Stand aufwies und Nro. 596 weit hinter allen übrigen zurückblieb.

Die öfter erwähnten Unterschiede in Färbung und Habitus waren auch beim Hafer zu erkennen.

Betreffs der Zeit, in welcher die einzelnen Vegetationsepochen eintraten, zeigte sich insofern ein Unterschied, als die Pflanzen der Nro. 596 erst viel später als die der drei übrigen anfangen sich zu bestocken, und dafs die Nebenhalme derselben Nummer sowie auch die von Nro. 595 erst später reiften, während die Entwicklung der Haupthalme in allen vier Gliedern der Reihe zeitlich ganz gleichen Schritt hielt

	in Nro. 593	Nro. 594	Nro. 595	Nro. 596
die Bildung von Seitentrieben				
begann am	30. Mai	31. Mai	31. Mai	26. Juni
die erste Ähre erschien am . .	23. Juni	24. Juni	21. Juni	25. „
die Blüte begann am	27. „	25. „	26. „	28. „
die Pflanzen konnten als reif				
angesprochen werden am .	15. August	15. August	5. Septbr.	8. Septbr.

Geerntet wurde:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der			Länge der ähren-tragenden Halme			in Sa.	in Sa.	in Sa.	in Sa.			
		Pflanzen	Ähren	unfruchtbaren Triebe	Samen	cm	cm					cm		
593.	80—60	8	20	3	$\left\{ \begin{array}{l} 20 \\ 4 \\ 26 \\ 21 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15 \\ 22 \\ 21 \\ 21 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 31 \\ 13 \\ 29 \\ 20 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 21 \\ 49 \\ 24 \\ 40 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 13 \\ 3 \\ 40 \\ 3 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 103 \\ 77 \\ 100 \\ 93 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 97 \\ 85 \\ 109 \\ 90 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 94 \\ 104 \\ 91 \\ 99 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 98 \\ 106 \\ 100 \\ 68 \end{array} \right.$	in Sa. 1916
594.	60—40	8	24	1	$\left\{ \begin{array}{l} 23 \\ 36 \\ 22 \\ 9 \\ 21 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 23 \\ 14 \\ 13 \\ 16 \\ 13 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 13 \\ 31 \\ 17 \\ 13 \\ 11 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 22 \\ 21 \\ 23 \\ 16 \\ 8 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 6 \\ 20 \\ 15 \\ 8 \\ 3 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 76 \\ 94 \\ 102 \\ 90 \\ 97 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 94 \\ 96 \\ 85 \\ 85 \\ 86 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 67 \\ 88 \\ 76 \\ 88 \\ 82 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 85 \\ 88 \\ 91 \\ 86 \\ 54 \end{array} \right.$	in Sa. 2082
595.	40—20	8	23	5	$\left\{ \begin{array}{l} 12 \\ 16 \\ 2 \\ 27 \\ 25 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 23 \\ 10 \\ 14 \\ 16 \\ 2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 26 \\ 3 \\ 10 \\ 17 \\ 0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19 \\ 6 \\ 5 \\ 11 \\ 12 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 26 \\ 17 \\ 11 \\ 11 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 78 \\ 84 \\ 69 \\ 73 \\ 77 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 83 \\ 77 \\ 77 \\ 76 \\ 52 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 85 \\ 57 \\ 48 \\ 92 \\ 34 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 91 \\ 82 \\ 70 \\ 85 \end{array} \right.$	in Sa. 1681
596.	20—10	8	21	4	$\left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 5 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 13 \\ 9 \\ 7 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 6 \\ 3 \\ 2 \\ 0 \\ 2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 6 \\ 9 \\ 0 \\ 2 \\ 0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 58 \\ 51 \\ 32 \\ 37 \\ 27 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 53 \\ 53 \\ 47 \\ 41 \\ 40 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 42 \\ 37 \\ 36 \\ 40 \\ 44 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 43 \\ 33 \\ 28 \\ 23 \\ 37 \end{array} \right.$	in Sa. 862
Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz			Verhältnis			Ein Korn			wog im Durchschnitt			
		der Körner des Strohes u. der Spreu			in Sa.			Summa = 100			mg			
		mg	mg	mg	mg	mg	mg	Körner	Stroh u. Spreu					
593.	80—60	11853	15780	27633	42.9	57.1	27							27
594.	60—40	10911	13985	24846	43.9	56.1	27							27
595.	40—20	7810	11785	19595	39.9	60.1	23							23
596.	20—10	1798	4190	5988	30.0	70.0	23							23

Wasser.

585

b. Im Jahre 1868.

Boden: 4000 g gereinigter Quarzsand.

Nährstoffmischung pro Kulturgefäß:

1,8 mg - Äquival. =	245 mg	saures phosphorsaures Kali,
1,0 " " =	75 "	Chlorkalium,
1,6 " " =	96 "	schwefelsaure Magnesia und
16,0 " " =	1312 "	salpetersaurer Kalk.

Bodenfeuchtigkeit:

für Nro. 597:	90—60	Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes,
" " 598:	50—30	" " " " " "
" " 599:	25—15	" " " " " "

Am 21. April wurden zur Aussaat Haferkörner von 33 bis 45 mg, im Durchschnitt von 37,8 mg Schwere (lufttrocken) in destilliertem Wasser angekeimt und am 23. April in den Sand übergeführt.

Die daraus hervorgegangenen Keimpflanzen durchbrachen die Bodenoberfläche von

Nro. 597	in den drei Tagen vom 29. April bis 1. Mai
" 598	" " " " " 29. " " 1. "
" 599	" " " " " 30. " " 2. "

Die darauf folgende Entwicklung war weniger üppig, als im vorhergehenden Jahre, verlief aber durchaus normal

	bei Nro. 597	Nro. 598	Nro. 599
es erschienen die Ähren am	9. bis 16. Juni	6. bis 12. Juni	6. bis 16. Juni
die Pflanzen waren reif am	29. Juli	23. Juli	23. Juli

Der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit machte sich in der gewöhnlichen Weise zeitig sichtbar. Die Nummer 597 zeigte zu allen Zeiten eine auffallend helle, gelbgrüne Farbe.

Die Ernteresultate waren:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der ähren-tragenden Halme cm			
		Pflanzen Ähren	unfrucht-baren Triebe	Ähren	Samen				
597.	90—60	18	20	1	$\left\{ \begin{array}{l} 10 \ 16 \ 25 \ 12 \ 21 \\ 16 \ 30 \ 6 \ 12 \ 5 \\ 6 \ 13 \ 13 \ 12 \ 4 \\ 2 \ 2 \ 10 \ 13 \ 4 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18 \ 30 \ 42 \ 23 \ 38 \\ 30 \ 55 \ 10 \ 24 \ 10 \\ 12 \ 26 \ 21 \ 24 \ 8 \\ 2 \ 2 \ 18 \ 24 \ 3 \end{array} \right.$	73 86 94 83 90 82 88 61 84 58 61 85 70 73 50 42 25 68 77 50 in Sa. 1400		
598.	50—30	18	20	2	$\left\{ \begin{array}{l} 8 \ 6 \ 8 \ 15 \ 6 \\ 8 \ 11 \ 10 \ 6 \ 4 \\ 5 \ 11 \ 6 \ 11 \ 10 \\ 15 \ 24 \ 7 \ 5 \ 7 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17 \ 12 \ 14 \ 30 \ 10 \\ 21 \ 12 \ 7 \ 16 \ 20 \\ 11 \ 18 \ 21 \ 47 \ 22 \\ 14 \ 10 \ 14 \ 8 \ 31 \end{array} \right.$	79 62 61 92 54 64 78 63 57 47 56 81 57 66 73 83 93 68 61 69 in Sa. 1364		
599.	25—15	1	22	0	$\left\{ \begin{array}{l} 9 \ 4 \ 4 \ 8 \ 13 \\ 7 \ 8 \ 6 \ 3 \ 10 \\ 6 \ 5 \ 10 \ 2 \ 1 \\ 2 \ 2 \ 10 \ 8 \ 3 \\ 2 \ 7 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17 \ 8 \ 7 \ 13 \ 22 \\ 14 \ 15 \ 11 \ 5 \ 17 \\ 12 \ 10 \ 20 \ 0 \ 0 \\ 0 \ 2 \ 15 \ 18 \ 3 \\ 4 \ 14 \end{array} \right.$	64 45 43 60 70 64 60 57 71 38 63 59 72 25 12 12 17 65 76 39 34 64 in Sa. 1110		
Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz		Verhältnis		Ein Korn wog in Durchschnitt mg			
		der Körner mg	des Strohes mg	Summa = 100	Körner : Stroh : Spreu				
597.	90—60	9186	9606	1185	19977	46,0	48,1	5,9	22
598.	50—30	8152	8137	955	17244	47,3	47,2	5,5	23
599.	25—15	5510	5010	639	11159	49,4	44,9	5,7	24

Versuche mit Pferdebohnen.

Parallel mit den oben mitgeteilten Gerstenkulturen No. 571 bis 578, und in gleichen Gefäßen wie diese*), wurde im Jahre 1871 eine viergliedrige Versuchsreihe mit Pferdebohnen angestellt.

Als Bodenmaterial diente hier wie dort die Gartenerde unserer Versuchsstation und zwar wurden davon gegeben nach

Nro. 600	12 725 g	} trocken berechnet.
„ 601	12 269 „	
„ 602	12 107 „	
„ 603	12 510 „	

In diesen Boden säete man am 13. April je zwei Bohnensamen, deren lufttrocknes Gewicht zwischen à 1,1 und 1,2 g lag, und die vorher durch Einlegen in destilliertes Wasser zum Austreiben des Würzelchens gebracht worden waren. Gleichzeitig begofs man die Kulturgefäße mit je 2000 g destilliertem Wasser (entsprechend circa 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens).

Das Keimen und die erste Entwicklung der jungen Pflänzchen ging wegen der kalten Witterung langsam, aber doch normal vor sich.

Dadurch, daß man von den je zwei pro Kulturgefäß aufgegangenen Pflanzen nach einiger Zeit je eine passend gewählte wegschnitt, wurde erreicht, daß die vier zum Versuche bestimmten jungen Bohnen Mitte Mai eine sehr gleichmäßige Ausbildung zeigten, und da zu dieser Zeit das anfangs gegebene Wasser durch Verdunstung ziemlich weit verbraucht war, so konnte man am 24. Mai daran denken, die Bodenfeuchtigkeit in den vier Gefäßen der ursprünglichen Absicht gemäß zu regulieren und damit den eigentlichen Versuch zu beginnen.

Die Bodenfeuchtigkeit, welche von jetzt ab bis zum Tode der Pflanze streng erhalten wurde, betrug

in Nro. 600:	90—50	Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens
„ „ 601:	60—20	„ „ „ „ „
„ „ 602:	25—15	„ „ „ „ „
„ „ 603:	15—5	„ „ „ „ „

*) Cfr. Seite 569 ff.

Man brauchte nicht lange zu warten, bis sich die Wirkung dieser Manipulation zeigte. Die am 24. Mai ganz gleich entwickelten (etwa 13 cm hohen) Pflanzen gingen in ihrer Längenentwicklung bald auseinander und bildeten eine von Nro. 600 nach Nro. 603 im Sinne der Bodenfeuchtigkeit absteigende Reihe. Die Nummern 602 und 603 erschienen wiederholt leidend und auch sonst noch fielen die Folgen des leichteren oder schwereren Wasserersatzes bei der Bohne stärker in die Augen, als bei den Cerealien.

Nur die Nummer 600 hielt sich unter allen Umständen straff und prall.

Schon Nro. 601 welkte dann und wann, wenn auch nur vorübergehend und scheinbar ohne nachteilige Folgen.

Die Nummer 602 aber blieb in heißer Zeit tagelang schlaff und matt, und liefs anfangs Juli einen Teil ihrer ältesten unteren Blätter gelb werden, vertrocknen und abfallen.

Das Leben der Nummer 603 endlich war nichts weiter, als ein lange hinausgezogener Toteskampf. Schon vom 12. Juli an hätte man dieselbe für gestorben erachten können, wenn nicht einzelne Erscheinungen, wie der Mangel des gänzlichen Dürrewerdens der eingefallenen Blättchen und Stengelchen, die Erhaltung des Chlorophylls und das Saftigbleiben der beiden kleinen Früchtchen, für welche die unglückliche Pflanze sichtbar ihre ganze Existenz opferte, noch eine Spur von Leben verraten hätten.

Mitte August wurden die Bohnen mit folgendem Resultate geerntet:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Länge der Stammzweige			Anzahl der		
		1. Ordnung cm			fruchtbaren Schoten	unfruchtbaren Schoten	Samen
600.	90—50	117	124	114	23	18	66
601.	60—20	113	106	85	20	17	45
602.	25—15	84	62	48	9	5	20
603.	15— 5	51	36		2	—	2

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Erzeugte Trockensubstanz					
		Stengel g	Blätter u. Blattstiele g		Spreu g	Körner g	in Sa. g
600.	90—50	26,94	15,63		9,05	41,21	92,83
601.	60—20	15,21	11,49		9,54	37,39	73,63
602.	25—15	7,56	5,83		4,23	15,86	33,48
603.	15— 5	2,60	3,98		0,39	0,64	7,61

Wenn auch diese Schlufsresultate den übrigen in diesem Kapitel besprochenen sehr ähnlich sind, so wird man doch im allgemeinen annehmen dürfen, daß die Bohne betreffs des Wasserersatzes noch empfindlicher ist, als die Gramineen, und daß man bei Versuchen mit dieser Frucht in geschlossenen Gefäßen gut thun wird, wenn man die Bodenfeuchtigkeit nie unter 50 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens sinken läßt.

Versuche mit Lupinen (*Lupin. luteus*).

Neben den Bohnen wurden im Jahre 1871 auch gelbe Lupinen kultiviert und zwar unter genau gleichen äußeren Versuchsbedingungen mit jenen.

Die vier Kulturgefäße erhielten an Gartenboden (auf trockne Masse berechnet):

Nro. 604	11 612 g
Nro. 513	12 617 „
Nro. 605	11 961 „
Nro. 606	12 096 „

und wurden am 13. April mit je zwei Lupinensamen besät, die luft-trocken zwischen à 160 und 180 mg wogen und die vorher in destil-liertem Wasser zum Austreiben des Würzelchens gebracht worden waren.

Um zunächst eine ganz gleiche Durchfeuchtung des Bodens zu erreichen und einen egalen Stand der jungen Versuchspflanzen zu erhalten, wurden wie bei den Bohnen bei der Bestellung anfangs 2000 ccm Wasser auf jedes Kulturgefäß gegeben.

Nachdem aber der Wassergehalt des Bodens durch Verdunstung bis auf ziemlich 15 Proz. der wasserfassenden Kraft zurückgegangen war, wurde je eines der beiden Lupinenpflänzchen zur vollständigen Ausgleichung des Bestandes fortgeschnitten und nun die Boden-feuchtigkeit in den vier Gliedern der Reihe auf die für den Zweck des Versuchs beabsichtigte verschiedene Höhe gebracht, und zwar erhielt man von jetzt ab bis zur Ernte den Wassergehalt

in Nro. 604	auf 80—40	Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens						
" "	513	" 60—20	" "	"	"	"	"	"
" "	605	" 25—15	" "	"	"	"	"	"
" "	606	" 15— 5	" "	"	"	"	"	"

Die vier Lupinen waren zu dieser Zeit 7 cm hoch und in ihrer Entwicklung anscheinend vollkommen gleich. Das weitere Wachstum derselben war kein besonders erfreuliches; zwar zeigten sie niemals eine ausgeprägte Krankheitserscheinung, aber sie befanden sich in ihren wenn auch ziemlich umfangreichen Kulturgefäßen anscheinend niemals so wohl, wie an einem ihnen zusagenden Standorte im freien Lande. (Wir werden später Gelegenheit finden, noch einmal auf diesen Punkt zurückzukommen)*).

Der Einfluß der verschiedenen Bodenfeuchtigkeit schien sich soweit man während der Vegetation an der lebenden Pflanze beobachten konnte, bei der Lupine in etwas anderer Weise geltend zu machen, als bei der Bohne. So schien insbesondere ein hoher Grad derselben unvorteilhaft zu wirken; die Pflanze Nro. 513 machte immer den Eindruck eines gesünderen, kräftigeren Exemplares, als die der Nro 604, bei welcher letzterer die Zweige sehr gesperrt standen und die Blätter, welche eine auffallend bleichgrüne Farbe hatten, schmaler waren. Die Nro. 605 blieb zwar an Größe bedeutend hinter der vorigen zurück, hatte aber dunkelgrüne, kräftige Blätter, die denen der Nro. 513 an Vollkommenheit nicht nachstanden. Und obwohl die Nro. 606 von der Trockenheit sichtlich stark litt, so gewährte sie doch nicht ganz dasselbe Jammerbild wie die unter gleichen Verhältnissen sich befindende Bohne. Ihre oberen Blätter wenigstens hielten sich bis zuletzt immer einigermaßen saftig, wenn sie auch nicht immer straff blieben, sondern meistens schlaff und halb zusammengefaltet erschienen:

Glaubte man anfangs aus diesen Beobachtungen schließen zu dürfen, daß die Lupine mit einem langsameren Wasserersatz auszukommen vermöge als die Bohne, so sah man sich aber in dieser Annahme durch die schließlichen Ertragsresultate enttäuscht, denn bei der Ernte fand man:

*) Vgl. auch S. 186.

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der		Länge der Stammtriebe	
		fruchtbaren Schoten	unfruchtbaren Schoten	1. Ordnung cm	2. Ordnung cm
604.	80—40	35	4	{ 65 60 57 52 49	{ 27 14 10 9 6 20 10 10 9 6 10 9 8 9 5
513.	60—20	32	2	{ 50 46 46 46 44	{ 23 25 21 16 9 8 8 7
605.	25—15	11	1	{ 41 36 29 22	{ —
606.	15—5	4	2	{ 37 20 14 6	{ —

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz		in Summa
		der Samen g	der Spreu g		der Stengel, Blattstiele und Blätter g
604.	80—40	14,47	12,00	46,29
513.	60—20	11,84	10,82	37,73
605.	25—15	5,49	3,70	17,08
606.	15—5	0,24	0,43	5,95

Wenn die Lupine von der landwirtschaftlichen Praxis als eine für trockenen Sandboden besonders geeignete Frucht angesehen und behandelt wird, so ist hiernach der Grund nicht in der Annahme zu suchen, daß dieselbe den Ersatz des verdunsteten Wassers wesentlich leichter bewerkstelligen könnte als andere Früchte. In unseren Versuchen zeigte sich die Abhängigkeit der Produktion von der Höhe der Bodenfeuchtigkeit bei der Lupine nicht merklich geringer als z. B. bei der Bohne und dem Weizen; aber auch jeder Lupinen bauende Landwirt kennt den Einfluß des Regenfalls auf seine Lupinenernten aus eigener Erfahrung zur Genüge.

Versuche mit Buchweizen.

Auch mit Buchweizen wurde im Jahre 1871 noch ein den vorigen paralleler Versuch durchgeführt.

Da sämtliche äußere Versuchsbedingungen mit den bei den Bohnen, Lupinen etc. geschilderten gleich gehalten wurden, so können wir uns auf die Angaben beschränken, daß das Gewicht des eingefüllten Gartenbodens betrug

in Nro. 607	12 961 g	} trocken gerechnet
„ „ 608	12 578 „	
„ „ 609	12 001 „	
„ „ 610	12 680 „	

und daß die Bodenfeuchtigkeit während der ganzen Vegetationszeit innerhalb folgender Grenzen schwankend erhalten wurde:

in Nro. 607	von 80 bis 40	Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens					
„ „ 608	„ 60	„ 20	„	„	„	„	„
„ „ 609	„ 25	„ 15	„	„	„	„	„
„ „ 610	„ 15	„ 5	„	„	„	„	„

Die Einsaat von je vier Samen pro Kulturgefäß, von denen man aber nur je zwei ausgewählte Keimpflanzen zur weiteren Entwicklung stehen liefs, erfolgte ziemlich spät am 9. Juni.

Teils diesem Umstande, teils der mangelhaften Qualität des Saatgutes war es zuzuschreiben, daß das Wachstum der Pflanzen in der ersten Jugendzeit ein ziemlich kümmerliches war. Nachdem aber

diese Periode überwunden war, machte sich die weitere Vegetation recht zufriedenstellend.

In dem Gefäß Nro. 607 passierte uns das Unglück, daß die eine Pflanze in früher Jugend einmal durch Ungeschick geknickt wurde und daß sie infolgedessen eine lange Zeit kümmerete. Zwar brachte sie es später noch zu normaler Blüte und entsprechendem Fruchtansatz, aber doch nur zu einer geringen Massenproduktion. Wir glauben nicht, die Resultate dieser Nummer deshalb als ungültig verwerfen zu müssen, denn sichtlich entwickelte sich die zweite in diesem Gefäß stehende Pflanze in dem Grade, in welchem die erste zurückblieb, üppiger und massenhafter und deckte damit den Ausfall.

Der Einfluß der verschiedenen Bodenfeuchtigkeit trat in Größe und Habitus der Pflanzen bald ebenso charakteristisch und wohl noch augenfälliger hervor, wie bei den anderen Arten.

Die Pflanzen der beiden Nummern 607 und 608 waren hoch und sparrig gewachsen, ihre Internodien lang (dabei aber kräftig, nicht geil und weichlich), die Blätter saßen weit auseinander, waren groß und breit, und hatten eine hellgrüne Farbe; der Blüten- wie der Fruchtansatz waren sehr reichlich.

Die Pflanzen von Nro. 609 dagegen blieben bedeutend niedriger, sie hatten ebenso viel Internodien und Blätter wie die Nummern 607 und 608, die Internodien aber waren sämtlich kürzer und die Blätter saßen deshalb näher aneinander; die Blätter selbst waren zwar kleiner als bei Nro. 607 und 608, ihre Farbe aber war dunkler grün; durch alles dies erhielten die Pflanzen ein gedrungenes, mehr buschiges und scheinbar kräftigeres Aussehen.

Die Pflanzen der Nro. 610 blieben sehr klein und litten entsetzlich, brachten es aber doch zur Blüte und selbst zum Fruchtansatz; schon von Mitte August an begannen sie allmählich abzusterben und quälten sich langsam zu Tode.

Ein vollständig normales Ausreifen wurde infolge der späten Aussaat auch bei den ersten Nummern nicht erreicht.

Von Anfang September an, als kühlere Witterung eintrat, hörte die Weiterentwicklung scheinbar auf, wenigstens war von einem Fortschreiten der Vegetation wenig mehr zu bemerken. Ganz langsam und allmählich wurden die Blätter der Pflanzen in Nro. 607 und 608 von unten herauf anfangend gelb, vertrockneten und fielen ab, so daß anfangs Oktober nur noch die obersten Blätter grün waren und fest

safen. Da gleichzeitig auch die Früchte zum großen Teile eine schwarze Farbe angenommen hatten und junge Blüten nur noch ganz vereinzelt aufzufinden waren, so glaubte man hier wenigstens den Beginn der normalen Reife vor sich zu haben.

Die Pflanzen der Nro. 609 aber waren Anfang Oktober noch vollständig grün, der normale Blattfall hatte bei denselben erst begonnen. Ein Fortschreiten der Vegetation war aber auch hier in der letzten Hälfte des September so wenig zu merken gewesen, daß man von einer Fortsetzung der Versuche im Oktober keinen rechten Erfolg mehr erhoffen konnte, und so beschloß man, sämtliche Pflanzen der Reihe gleichzeitig und zwar am 4. Oktober zu ernten.

Zu der nachstehenden Mitteilung der hierbei erhaltenen Resultate bemerken wir, daß die Blätter in dem Maße, wie sie allmählich vertrockneten, sorgfältig von jeder Pflanze in einem besonderen Gläschen gesammelt und aufbewahrt worden waren, und daß bei der Zählung die zusammengesetzten Blütentrauben oberhalb des letzten Blattes als Stammachsen vierter Ordnung betrachtet wurden. Die gipfelständigen Blütenrispen wurden beim Zählen in die sie bildenden Trauben zerlegt.

So wurden gefunden:

Nro.	Pflanze	Anzahl der Stammachsen				Blätter	Internodien	Blütentrauben	Früchte *)
		1. Ordn.	2. Ordn.	3. Ordn.	4. Ordn.					in Sa.
607.	a.	1	14	35	50	100	174	108	156
	b.	1	8	8	6	23	43	23	50
	in Sa.	2	22	43	56	123	217	131	606
608.	a.	1	11	28	46	86	144	95	394
	b.	1	10	27	37	74	125	64	263
	in Sa.	2	21	55	83	160	269	159	657
609.	a.	1	11	24	27	63	120	62	148
	b.	1	13	40	45	99	184	93	165
	in Sa.	2	24	64	72	162	304	155	313
610.	a.	1	10	11	8	30	57	34	23
	b.	1	8	19	19	47	79	51	22
	in Sa.	2	18	30	27	77	136	85	45

*) Unter den Früchten sind auch die nicht ausgebildeten mitgezählt.

Nro.	Pflanze	Größte Dicke des Stammes	Gesamtlänge der Stammachsen						
			1. Ordnung	2. Ordnung	3. Ordnung	4. Ordnung	in Summa		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
607.	a.	10,5	1087	4114	4155	1285	10 641		
	b.	4	516	1206	159	106	1 987		
	in Sa.		1603	5320	4314	1391	12 628		
608.	a.	9,5	1087	3114	3253	1104	8 508		
	b.	10	1005	3208	730	704	5 647		
	in Sa.		2042	6322	3983	1898	14 155		
609.	a.	8	559	1264	749	277	2 849		
	b.	9	517	1592	1226	428	3 763		
	in Sa.		1076	2856	1975	705	6 612		
610.	a.	5	484	573	209	78	1 344		
	b.	6	490	703	361	153	1 707		
	in Sa.		974	1276	570	231	3 051		
Nro.	Bodenfeuchtig- keit in Prozenten der wasserfassen- den Kraft	in den Stengeln	den Blättern	den Blüten teilen	den Früchten	in Summa			
		mg	mg	mg	mg	mg	mg		
607.	80—40	11 752	4680	1667	13 615	31 714			
608.	60—20	12 953	5414	1655	16 765	36 787			
609.	25—15	5 020	2124	1449	6 231	14 824			
610.	15—5	1 757	1917	771	894	5 339			

Geerntete Trockensubstanz

Wenn man bei einem genaueren Studium dieser Versuchsreihen auch deutlich erkennt, daß sich verschiedene Pflanzenarten nicht ganz gleich gegen bestimmte Grade von Bodenfeuchtigkeit verhalten, so treten die Unterschiede, besonders soweit sie den Einfluß auf die Massenproduktion betreffen, doch nirgends als sehr bedeutend hervor, und man braucht wohl kein Bedenken zu tragen, die oben aus den ersten Versuchsreihen lediglich für die Gerste gezogenen und sehr allgemein gehaltenen Schlusfolgerungen auch für die übrigen hier behandelten Kulturgewächse als gültig anzunehmen.

Viertes Kapitel.

Einfluß kürzerer Durstperioden auf die Produktion.

Die Resultate der in dem vorhergehenden Kapitel beschriebenen Versuche wurden ausnahmslos mit Pflanzen erhalten, welche ihr ganzes Leben hindurch von der Geburt bis zum Tode einen bestimmten, entweder ausreichenden, oder ungenügenden, oder auch überschüssigen Feuchtigkeitsgrad im Boden fanden.

Es war nun wohl ohne weiteres vorauszusetzen, daß auch kürzere Durstperioden nicht ohne Störung für das Wachstum der Pflanzen vorübergehen würden. Man durfte aber auch vermuten, daß sich die Folgen relativer Trockenheit des Bodens in den verschiedenen Lebensstadien der Gewächse ungleich stark und in jedesmal anderer Weise äußern würden; und man konnte fragen, ob nicht die Wirkungen zeitweiser Dürre nach vorausgegangener üppiger Ernährung leichter ertragen, oder in wie weit sie durch nachfolgende reiche Wasserzufuhr wieder ausgewetzt werden könnten.

Um alle diese Punkte einer experimentellen Prüfung zu unterziehen, wurden im Frühjahr 1870 dreißig und einige Gefäße zum Versuche hergerichtet.

Die Füllung erfolgte in gewohnter Weise mit je 4000 g ge-

glühtem, aber sonst nicht weiter gereinigtem Quarzsande, dem man folgende Nährstoffmischung pro Kulturgefäß zusetzte:

2,0 mg-Äquival. =	272 mg	saures phosphorsaures Kali,
1,0 " " =	75 "	Chlorkalium,
1,6 " " =	96 "	schwefelsaure Magnesia und
16,0 " " =	1312 "	salpetersaurer Kalk.

Als Saatgut dienten Samen der kleinen Gerste (*Hordeum vulgare*), deren spezifisches Gewicht zwischen 1,220 und 1,235 lag und deren absolutes Gewicht zwischen 28 und 38 mgr, im Mittel zu 33,3 mg lufttrocken gefunden worden war.

Diese Samen wurden, nachdem sie am 25. April mit destilliertem Wasser angestellt worden, am 29. d. M. in den Sand übergeführt.

Bei der herrschenden niederen Temperatur war damals erst bei einem Teile der Körner das Würzelchen hervorgebrochen und die dadurch verhinderte sorgfältige Auswahl rächte sich durch ein sehr unregelmäßiges und lückenhaftes Aufgehen der Saat, deren Spitzen in längeren Zwischenräumen erst während der Tage vom 5. bis 15. Mai aus dem Boden hervorkrochen.

Dieser Mifsstand, der sich auch durch teilweises Ausschneiden der Keimpflanzen nicht vollständig beseitigen liefs, veranlafste uns, unsere Kulturgefäße gleich bei Beginn des Versuches in zwei Abteilungen zu trennen, in eine befriedigend bestandene, zu welcher die nachfolgenden Nummern 611 bis 633 zählen, und in eine mangelhaft bestandene, zu welcher die nachstehenden Nummern 634 bis 646 gehören.

Diese beiden Abteilungen wurden in acht aus je vier bis fünf Gliedern bestehende Reihen geteilt, von denen jede zu einer andern Zeit eine Durstperiode zu überstehen hatte.

Mit der Darlegung des Erfolges dieser Arbeit glauben wir am schnellsten zum Ziele zu kommen, wenn wir zunächst die erforderlichen Mitteilungen über Einrichtung und Vegetation sämtlicher Reihen ohne Kommentar untereinander stellen, und uns eine kurze Besprechung der Resultate für den Schlufs des Kapitels versparen.

Abteilung A., befriedigend bestanden.

Als Mafsstab für das, was die Gerste im Jahre 1870 unter unseren Kulturbedingungen bei ausreichender Bodenfeuchtigkeit zu produ-

zieren vermochte, und zur Beurteilung des Nachtheils, den die Durstperioden dem Wachstume zufügten, kann die im vorigen Kapitel als Glied einer andern Versuchsreihe besprochene Nro. 565*) dienen, welche in Bezug auf Boden, Nährstoffmischung, Zeit, Licht etc. mit den sämtlichen Nummern dieser Abteilung ganz gleich situiert war, deren Bodenfeuchtigkeit aber während der ganzen Vegetationszeit ununterbrochen auf nahe 60 Proz. der wasserfassenden Kraft gehalten wurde.

Behufs bequemerer Vergleichung wiederholen wir hier noch einmal die von derselben erhaltenen Ernteresultate:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der			Körner	Länge der Halme bis zur Grannenspitze	Wasser.	
		Pflanzen Ähren	unfruchtbaren Triebe	Ähren				cm
565.	60	6	13	5	40 28 36 43 42 25 35 26 22 19 24 20 28	40 21 26 36 38 18 27 22 16 15 19 14 19	112 112 110 107 108 102 95 96 87 86 86 82 76	in Sa. 311 in Sa. 1254
Nro.	Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz			Verhältnis		Ein Korn	
565.	60	9957	11 000	1806	22 763	der Körner des Strohes der Spreu in Sa.	Summa = 100 Körner : Stroh : Spreu	wog im Durchschnitt mg 32

*) Vgl. Seite 565 ff.

R e i h e a.

war bestimmt, ihre Durstperiode in der ersten Hälfte ihres Lebens zu überstehen und die Gefäße erhielten demgemäfs, nachdem sie bei Beginn der Versuche unmittelbar vor der Einsaat einmal ordentlich mit Wasser durchfeuchtet waren, in der Zeit vom 18. Mai bis 22. Juni ungenügende Wassermengen und zwar wurde während dieser Periode die Bodenfeuchtigkeit jeden Morgen mit Hülfe der Waage ergänzt

in Nro. 611	auf 30 Proz.	der wasserfassenden Kraft	des Sandes					
” ” 612	” 20	” ”	”	”	”	”	”	”
” ” 613	” 10	” ”	”	”	”	”	”	”
” ” 614	” 5	” ”	”	”	”	”	”	”

Vom 22. Juni an wurde dann wieder die Wassermenge in allen vier Gefäfsen gleichmäfsig auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes erhöht und auf dieser Höhe bis zum Schlusse der Versuche erhalten.

Der 19. Mai ist in unserm Beobachtungsjournale als derjenige Tag notiert, an welchem bei unseren normal ernährten Versuchsersten die Bildung von Seitentrieben (die Bestockung) begann. Am 22. Juni aber waren nahezu bei allen Pflanzen die jungen Ähren aus den Blattscheiden hervorgetrieben.

Die 35 Tage lange Durstperiode der Versuchsreihe a. umfafste also die Vegetationsepoche der Pflanze, welche der Ausbildung der Blätter und Halme gewidmet ist.

Die Folgen des periodischen Wassermangels machten sich bei allen vier Nummern sehr bald deutlich bemerkbar, wenn auch natürlich bei der einen stärker als bei der andern.

Die Pflanzen der Nro. 614 blieben bald im Wachstume gänzlich stehen, wurden trocken und starben allmählich ab. Die der Nro. 613 verhielten sich wenig besser.

In den beiden Nummern 612 und 611 wurde das Leben zwar nicht vernichtet, die Pflanzen trieben sogar zu derselben Zeit wie die reichlich mit Wasser versehenen ihre Ähren hervor, aber die Halme derselben blieben kurz und kein einziger Seitentrieb wurde angelegt.

Die vom 22. Juni an wieder reichlich gegebene Bodenfeuchtigkeit vermochte die am stärksten mißhandelten Nummern nicht mehr zu retten.

In der Nummer 614 regte sich keine Spur von Leben wieder.

Bei den Pflanzen der Nro. 613 wurden einzelne Blätter ganz oder zum Teil wieder thätig, hie und da wurde wohl auch noch ein ärmliches neues Blatt oder ein dünner kümmerlicher Seitentrieb hervorgequält, aber keine Pflanze brachte es zur Bildung einer Ähre.

In die Nummern 612 und 611 aber kam mit der erhöhten Bodenfeuchtigkeit frische Kraft. Das Längenwachstum und überhaupt die Aushildung der Blätter und Halme war freilich am 22. Juni so ziemlich beendet und daran konnte nicht viel mehr gebessert werden, aber die ganz jungen Ähren wurden von jetzt ab in erwünschter Weise gefördert, blühten normal und setzten reichlich schöne Körner an.

Die Pflanzen der Nro. 612 hestockten sich sogar noch nachträglich und förderten jede einen oder zwei Seitentriebe ein Stück in die Höhe, vermochten aber nicht, dieselben auch noch bis zur Ährenbildung zu bringen.

Warum die Pflanzen der Nummer 611 von der später gewährten reichlichen Bodenfeuchtigkeit weniger profitierten als die der Nro. 612, dafür fehlt uns eine genügende Erklärung.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durst- periode in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der Halme bis zur Grannenspitze cm	
		Pflanzen	Ähren	unfrucht- baren Triebe	Ährchen		Samen
611.	30	7	7	0	{ 32 35 35 31 28 25 17 in Sa. 203	15 30 28 23 14 14 12 in Sa. 136	74 72 69 67 68 66 57 in Sa. 473
612.	20	7	7	9	{ 36 42 39 30 36 24 24 in Sa. 231	31 32 29 24 29 20 13 in Sa. 178	87 80 75 74 70 64 60 in Sa. 510
613.	10	7	0	?	0	0	—
614.	5	7	0	0	0	0	—

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durst- periode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz			Verhältnis Summa = 100	Ein Korn wog im Durchschnitt mg	
		der Körner mg	des Strohes mg	der Spreu mg			Körner : Stroh : Spreu
611.	30	4401	4104	854	9 359	9,1	52
612.	20	6157	4471	972	11 600	8,4	35
613.	10	Während der Zeit vom Absterben der Pflanzen bis zur allgemeinen Ernte war ein Teil der Blätter					
614.	5	verwittert, abgebrochen und verloren gegangen; von der Wägung des Restes wurde als zwecklos					
		abgesehen.					

Reihe b.

Auch diese Reihe sollte ihre Durstperiode in früher Jugend, wie Reihe a., aber von kürzerer Dauer, durchmachen.

Die Gefäße erhielten demnach hier wie dort bei der Bestellung zunächst einmal eine reichliche Wassergabe, entsprechend 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens. Dann liefs man die Bodenfeuchtigkeit durch freiwillige Verdunstung langsam zurückgehen und regulierte sie in der Folge durch täglichen Ersatz des verdunsteten Wassers so, daß sie vom 18. Mai bis 10. Juni betrug in

Nro. 615:	30	Proz.	der	wasserfassenden	Kraft	des	Sandes
„ 616:	20	„	„	„	„	„	„
„ 617:	10	„	„	„	„	„	„
„ 618:	5	„	„	„	„	„	„

Vom 11. Juni an wurde dann der Wassergehalt in allen vier Gefäßen auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft erhöht und auf diesem Stande bis zur Ernte nach Möglichkeit konstant erhalten.

Die nur 23 Tage umfassende Durstperiode der Pflanzen aus dieser Reihe erstreckt sich also nur auf die Zeit vom Beginn der Bestockung bis zu dem Momente, wo sich der Halm energisch zu strecken beginnt. Von einer Ähre war zu Ende derselben noch nirgends eine Spur zu erblicken.

Dank der kürzeren Dauer der Periode machten sich hier die Folgen des Wassermangels weit weniger fühlbar als in Reihe a.

Keine einzige Pflanze ging ganz zu Grunde, selbst die bis auf 5 Proz. der wasserfassenden Kraft herabgesetzten Pflanzen der Nro. 618 erholten sich noch einigermaßen, als sie wieder reichlich Wasser erhielten, und ein Paar derselben brachte es spät noch zur Entwicklung einer Ähre. Leider wurde die Ernte, als die Nummer behufs vollständigen Ausreifens zuletzt noch einsam auf dem Vegetationswagen stand, von Vögeln vernichtet und ging für eine genauere Bestimmung verloren.

Von Nro. 617 blieben nur zwei Pflanzen ährenlos.

An den Pflanzen von Nro. 616 deutete zuletzt nur noch die um ein Weniges geringere Länge der Halme die ausgestandene Mangelperiode an;

und in dem Gefäß Nro. 615 endlich war bei der Ernte für das bloße Auge ein Unterschied von der normalen Vegetation nicht mehr erfindlich.

Der Ertrag der Reihe stellte sich wie folgt:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der Halme bis zur Grannenspitze cm	
		Pflanzen	Ähren	Ährchen	Samen.		
615.	30	7	11	5	{ 50 56 41 50 40 39 34 32 15 21 18 in Sa. 396	45 38 38 39 35 30 24 24 11 17 14 in Sa. 315	114 109 105 109 100 99 93 86 81 74 73 in Sa. 1043
616.	20	7	15	2	{ 45 39 39 42 45 34 21 27 24 23 24 13 24 12 24 in Sa. 436	35 34 24 38 39 30 20 27 15 22 15 9 11 6 21 in Sa. 346	99 96 91 96 96 76 76 78 74 76 69 70 65 68 63 in Sa. 1193
617.	10	7	5	0	{ 15 15 15 15 9 in Sa. 69	11 5 8 4 4 in Sa. 32	57 38 33 30 25 in Sa. 183
618.	5	7			?		

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz			Verhältnis Summa = 100	Ein Korn wog im Durchschnitt mg
		der Körner	des Strohes	der Spreu		
615.	30	mg	mg	mg	Körner : Stroh : Spreu	mg
616.	20	10 432	8425	1594			51,0	41,2
617.	10	10 072	6690	1700	54,5	36,2
618.	5	690	1108	175	35,0	56,2
						8,9

R e i h e c.

Die nächsten drei Reihen sollten ihre Durstperiode in der zweiten Lebenshälfte überstehen.

Die Reihe c. speziell war dazu verurteilt, am längsten und zwar von der Zeit an, wo der Halm sich energisch zu strecken beginnt bis zur Ernte Mangel zu leiden.

Die dazu gehörigen Gefäße erhielten demgemäß bei der Bestellung ihre Bodenfeuchtigkeit auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes normiert und wurden auf diesem Stande durch tägliche Ergänzung des verdunsteten Wassers bis zum 10. Juni erhalten.

Von da an liefs man den Wassergehalt des Bodens sinken, bis er in

Nro. 619:	40	Proz.	der	wasserfassenden	Kraft	des	Sandes
” 620:	30	”	”	”	”	”	”
” 621:	20	”	”	”	”	”	”
” 622:	10	”	”	”	”	”	”
” 623:	5	”	”	”	”	”	”

erreicht hatte und erhielt ihn so bis zum Schlusse des Versuches, d. h. bis zur Reife der Pflanzen (den 19. Juli).

Am 10. Juni, beim Beginne der Durstperiode, hatten die Pflanzen sich regelmässig bestockt und die volle Zahl ihrer Blätter theils ausgebildet, theils angelegt; eine Ähre war noch nirgends sichtbar, doch begannen wenige Tage später die Grannenspitzen sich zu zeigen.

Die Durstperiode der Reihe c. umfaßt also die ganze Zeit, welche die Pflanze auf die Ausbildung der Fruchtorgane verwendet.

Von dem Erfolge der periodischen Reduktion der Bodenfeuchtigkeit liefs sich während der Vegetation nach Augenmafs an den beiden Nummern 619 und 620 gar nichts bemerken.

Die Pflanzen von Nro. 621 blieben etwas kürzer, zeigten sich aber sonst nicht erheblich beeinträchtigt.

Die Nummer 622 aber litt schon stark, nur die Haupthalme entwickelten Ähren und

in Nro. 623 endlich wurde die Fruchtbildung beinahe ganz unterdrückt, nur in zwei halbverkümmerten Ähren fanden sich einige unvollkommene schwache Samen; dafür hatten die Pflanzen eine Menge dünner kümmerlicher Seitenzweige getrieben, die mehr oder weniger schnell wieder im Wachstum sitzen blieben oder zu Grunde gingen.

Bestimmter tritt die Wirkung des Durstes in den nachstehenden Ertragsresultaten hervor:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				unfrucht-baren Triebe	Samen	Länge der Halme bis zur Grannenspitze cm
		Pflanzen	Ähren	Ärchen	in Sa.			
619.	40	7	10	8	{ 42 33 45 33 48 27 19 22 19 10	33 25 39 26 35	116 108 108 107 104	
					{ 27 19 22 19 10 in Sa. 298	20 16 18 17 8 in Sa. 237	94 91 82 85 72 in Sa. 967	
620.	30	6	10	6	{ 38 32 43 37 31 26 23 22 16 22	32 27 37 36 25	109 106 102 101 94	
					{ 38 32 43 37 31 in Sa. 290	22 18 14 10 13 in Sa. 234	84 80 77 74 72 in Sa. 899	
621.	20	7	11	8	{ 36 39 40 37 36 41 19 15 18 10	29 29 30 32 22	97 92 98 96 93	
					{ 36 39 40 37 36 in Sa. 300	33 14 9 5 6 in Sa. 213	76 69 57 47 60 in Sa. 825	
622.	10	5	5	9	{ 37 35 18 29 15 28 24 18 17 8	19 24 13 15 3	72 67 63 57 53	
					{ 37 35 18 29 15 in Sa. 134	in Sa. 74	in Sa. 312	
623.	5	6	5	14	{ 28 24 18 17 8 in Sa. 95	0 15 0 2 0 in Sa. 17	50 44 42 36 30 in Sa. 202	

Wasser.

607

Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft

Nro.	Trockensubstanz		Verhältnis		Ein Korn wog im Durchschnitt mg
	der Körner	des Strohes	der Spreu	in Sa.	
619.	8282	10 398	mg	mg	35
620.	7732	9 450	1556	20 236	33
621.	7521	7 638	1474	18 656	35
622.	2525	5 217	1376	16 535	34
623.	191	5 841	562	30,4	11
			322	6 354	
			40,9	51,4	
			41,5	50,7	
			45,5	46,2	
			30,4	6,8	
			3,0	91,9	
			Summa = 100		
			Körner :	Stroh :	Spreu
			7,7	7,8	
			8,3	6,8	
			5,1		

R e i h e d.

Die Reihe d. erhielt reichliche Bodenfeuchtigkeit (60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes) von der Einsaat an bis zum 22. Juni, d. h. bis sich die Ähren zum größten Teile aus der letzten Blattscheide herausgeschoben hatten. Dann liefs man den Wassergehalt des Bodens allmählich sinken

in Nro. 624 auf 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes

"	"	625	"	30	"	"	"	"	"
"	"	626	"	20	"	"	"	"	"
"	"	627	"	10	"	"	"	"	"
"	"	628	"	5	"	"	"	"	"

und erhielt dann diesen Stand der Bodenfeuchtigkeit möglichst konstant bis zur Reife der Pflanzen.

Die Durstperiode der Reihe d. war also kürzer als die der Reihe c. und erstreckte sich nur auf die Lebensepochen der Blüte und Samenbildung.

Ein nachteiliger Einfluss der verminderten Bodenfeuchtigkeit liefs sich während der Vegetation durch das Auge hier eigentlich nur bei der Nro. 628 entschieden konstatieren, die in ihrer Gesamtentwicklung ansehnlich hinter den Schwesternummern zurückgeblieben war.

Die Ernte ergab:

Nro.	während der Durstperiode in Proz. der wasser- fassenden Kraft	Anzahl der				Länge der Halme bis zur Grannenspitze cm	Wasser.
		Pflanzen Ähren	unfrucht- baren Triebe	Ährchen	Samen		
624.	40	7	4	48 42 40 36 43 25 27 31 31 25 24 22 20 in Sa. 414	40 33 31 25 35 16 19 21 24 18 18 13 7 in Sa. 300	113 110 105 100 99 92 94 93 91 86 80 76 70 in Sa. 1209	
625.	30	7	9	42 46 46 45 39 38 34 26 24 14 13 13 in Sa. 380	32 37 40 36 29 33 27 20 12 12 4 7 in Sa. 239	116 116 116 108 108 108 105 90 81 71 69 49 in Sa. 1137	
626.	20	7	8	36 40 35 37 34 18 31 27 27 12 9 in Sa. 316	25 38 40 30 29 15 28 22 21 10 5 in Sa. 263	109 120 120 111 112 97 98 96 95 67 44 in Sa. 1069	
627.	10	7	6	25 40 40 43 37 40 24 28 27 22 22 16 in Sa. 364	20 37 37 39 34 39 21 23 15 19 19 13 in Sa. 316	113 112 110 109 107 103 102 100 99 87 86 74 in Sa. 1202	
628.	5	7	8	36 29 43 36 45 15 17 12 24 in Sa. 257	31 20 28 27 35 12 13 10 22 in Sa. 198	96 94 92 81 85 78 60 61 56 in Sa. 703	

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasser- fassenden Kraft	Trockensubstanz			Verhältnis Summa = 100	Ein Korn wog im Durchschnitt mg
		der Körner	des Strohes	der Spreu		
624.	40	mg	mg	mg	Körner : Stroh : Spreu	mg
625.	30	8590	10 046	1330		43,0	29
626.	20	9899	10 074	1554	46,0	34
627.	10	8263	10 086	1407	42,0	31
628.	5	7614	10 393	1456	39,1	24
		5808	7 631	1072	40,0	99

R e i h e e.

Die Reihe e. endlich erhielt genügende Wassermengen (60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes) von der Einsaat an bis in die erste Woche des Juli, in welcher Zeit der Körneransatz in den jungen Ähren begann.

Dann liefs man die Bodenfeuchtigkeit sinken und erhielt sie vom 7. Juli an bis zu der am 20. Juli erfolgten Ernte

in Nro. 629	auf 40	Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes						
" "	630	" 30	" "	" "	" "	" "	" "	" "
" "	631	" 20	" "	" "	" "	" "	" "	" "
" "	632	" 10	" "	" "	" "	" "	" "	" "
" "	633	" 5	" "	" "	" "	" "	" "	" "

Die kurze Durstperiode der Reihe e. beschränkte sich also nur auf die Zeit der Samenbildung.

Wie leicht erklärlich war bei dieser Reihe während der Vegetation von der Wirkung des periodischen Wassermangels nichts Sicheres wahrzunehmen.

Dafs derselbe aber nicht ganz spurlos an den Pflanzen vorübergegangen war, wird aus den folgenden Ernteresultaten ersichtlich:

Nro.	während der Durstperiode in Proz. der wasser- fassenden Kraft	anzahl der			Länge der Halme bis zur Grannenspitze cm	Wasser.	
		unfrucht- baren Triebe	Ährchen	Samen			
		Pflanzen	Ähren	Ährchen	Samen	in Sa.	
629.	40	6	11	{ 40 40 33 36 22 21 27 22 27 28 25 in Sa. 321	38 36 22 33 20 18 20 15 19 23 19 in Sa. 263	113 110 111 111 109 101 100 88 94 91 86 in Sa. 1114	
630.	30	7	13	{ 42 35 39 36 36 33 27 39 27 24 18 21 18 in Sa. 395	37 20 34 24 33 25 28 16 19 16 11 11 13 in Sa. 287	124 113 121 105 117 107 95 105 92 96 83 81 74 in Sa. 1313	
631.*)	20	7	10	{ 41 40 37 37 46 31 32 17 17 18 in Sa. 316	32 34 31 30 31 20 18 4 11 14 in Sa. 225	100 100 95 92 88 86 74 60 56 52 in Sa. 803	
632.	10	7	13	{ 43 40 36 35 21 24 23 25 34 24 31 20 15 in Sa. 371	37 33 30 18 8 17 16 20 27 16 21 17 10 in Sa. 270	104 103 100 95 89 85 89 85 84 83 80 72 66 in Sa. 1135	
633.	5	7	13	{ 27 42 42 25 24 36 31 32 28 22 19 22 9 in Sa. 359	23 31 33 18 19 35 26 28 24 18 14 18 2 in Sa. 289	99 106 103 90 86 99 97 86 83 86 79 77 39 in Sa. 1130	
Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasser- fassenden Kraft	Trockensubstanz		Verhältnis		Ein Korn wog im Durchschnitt mg	
		der Körner	des Strohes	der Spreu	in Sa.		Körner : Stroh : Spreu
629.	40	mg	mg	mg	mg	mg	
630.	30	8894	9 778	1414	20 026	44,1	48,8
631.*)	20	9254	11 005	1580	21 839	42,4	50,4
632.	10	7310	8 367	1375	17 052	42,9	49,1
633.	5	8596	9 795	1531	19 922	43,1	49,2
		8170	8 430	1228	17 828	45,8	47,3

*) In Nro. 631 waren zwei Pflanzen erkrankt und die eine mäsig, die andere stark in ihrer Entwicklung geschädigt.

Abteilung B., mangelhaft bestanden.

Um einen Maßstab dafür zu erhalten, wie viel diese Abteilung unter durchweg günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen zu produzieren vermochte, wurde ein Gefäß Nro. 634 aus derselben herausgegriffen und darin der Wassergehalt des Bodens während der ganzen Dauer des Versuches gleichmäßig auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes gehalten. Der Ertrag, welchen diese Nummer lieferte, war:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der Halme bis zur Grannenspitze cm	
		Pflanzen	Ähren	unfrucht- baren Triebe	Ährchen		Samen
634.	60	7	13	7	38 40 37 36 34 36 24 28 20 19 21 17 22	82 36 29 30 25 27 19 22 16 16 14 11 10	95 94 94 93 90 90 77 77 76 72 71 65 55
					in Sa. 372	in Sa. 287	in Sa. 1049

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz		Verhältnis		Ein Korn wog im Durchschnitt mg	
		der Körner mg	des Strohes mg	Summa = 100	Körner : Stroh :		
634.	60	8316	8630	1569	18315	47,1	7,5
				45,4			29

Nach diesen Zahlen wird sich die Wirkung beurteilen lassen, welche der periodische Wassermangel bei den nachfolgenden drei Versuchsreihen hervorbrachte, bei welchen die Durstperioden für die mittleren Lebensepochen der Pflanzen projiziert waren.

R e i h e f.

Die Versuchsreihe f. war dazu bestimmt, eine lange Durstperiode während der Zeit des Schossens, der Ährenbildung und der Blüte zu überstehen und erhielt demgemäß von Anfang reichliche Wasserzufuhr (60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes) bis zum 10. Juni. Dann liefs man die Bodenfeuchtigkeit herabgehen

	in Nro. 635	bis auf	30	Proz. der wasserfassenden Kraft			
„	„	636	„	„	20	„	„
„	„	637	„	„	10	„	„
„	„	638	„	„	5	„	„

und erhielt diesen Stand bis zum 7. Juli.

An diesem Tage wurde dann die Bodenfeuchtigkeit auf die günstige Höhe von 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes zurückgebracht und so bis zur Ernte erhalten.

Die Wirkung, welche der periodische Wassermangel ausübte, war eine sehr empfindliche.

Die Nummern 635 und 636 zeigten zwar keine auffallenden Abnormitäten, blieben aber im Längenwachstum und in der Samenbildung sehr merklich zurück.

Nro. 637 litt noch weit stärker, eine Pflanze brachte keine Körner, eine andere nicht einmal eine Ähre zuwege und eine Menge von kümmerlichen Seitenzweigen, die als Angstprodukte von Zeit zu Zeit herausgetrieben wurden, gingen halbentwickelt wieder zu Grunde.

Die Pflanzen der Nro. 638 endlich verschrumpften und verkamen nach und nach fast gänzlich und konnten auch durch die später wieder reichlich gewährte Bodenfeuchtigkeit nicht mehr gerettet werden.

Als Ertrag wurde erhalten :

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der Halme bis zur Grannenspitze cm
		Pflanzen	Ähren	Ährchen	Samen	
635.	30	6	11	unfucht- baren Triebe $\left\{ \begin{array}{l} 46 \ 30 \ 22 \ 34 \ 44 \\ 29 \ 31 \ 25 \ 20 \ 17 \\ 14 \end{array} \right.$	30 10 14 28 31 8 18 20 17 4 5 in Sa. 281	113 103 108 110 104 101 96 92 88 69 54 in Sa. 1038
636.	20	7	8	$\left\{ \begin{array}{l} 39 \ 45 \ 40 \ 24 \ 27 \\ 22 \ 19 \ 15 \end{array} \right.$	13 32 20 8 13 13 9 9 in Sa. 117	85 81 80 68 66 66 49 47 in Sa. 542
637.	10	7	6	$\left\{ \begin{array}{l} 29 \ 31 \ 36 \ 37 \ 37 \\ 9 \end{array} \right.$	23 18 25 31 10 0 in Sa. 179	66 65 63 63 60 25 in Sa. 342
638.	5	7	Halme 40—45 cm lang mit 4 noch nicht ausgebildeten Ähren ohne Kornansatz.			

Wasser.

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz		Verhältnis		Ein Korn wog im Durchschnitt mg
		der Körner	des Strohes	der Spreu	in Sa.	
635.	30	5850	6782	1125	13757	32
336.	20	4001	6497	976	11474	34
337.	10	2888	5355	685	8928	27
338.	5	—	6294	—	6294	—
				Summa = 100		
				Körner : Stroh : Spreu		
				42,5 49,3 8,2		
				34,9 56,6 8,5		
				32,3 60,0 7,7		
				— 100,0 —		

R e i h e g.

Die Reihe g. sollte mit der vorhergehenden Versuchsreihe f. gleichzeitig, aber nur während der ersten Hälfte der Periode, dürrsten.

Sie erhielt deshalb wie jene vom Beginne des Experimentes bis zum 10. Juni reichliche Feuchtigkeit (60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes), dann liefs man wie dort die Bodenfeuchtigkeit sinken und zwar

in Nro. 639	auf 30	Proz. der wasserfassenden Kraft
" "	640	" 20 " " " "
" "	641	" 10 " " " "
" "	642	" 5 " " " "

gab aber hier schon wieder vom 22. Juni an bis zur Ernte die volle Bodenfeuchtigkeit von 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

Die Durstperiode dieser Reihe dauerte also nur von dem Zeitpunkte an, wo sich der Halm energisch in die Höhe streckt, bis zu dem, wo die junge Ähre voll und ganz aus der obersten Blattscheide hervorgeschoben ist.

Die Wirkungen des Durstes zeigten sich in dieser Reihe, obgleich derselbe nur halb so lange gedauert hatte, bei allen Nummern ganz ebenso wie in der vorigen Reihe.

Wenn die Erträge teilweise sogar noch hinter denen der Versuchsreihe f. zurückbleiben, so ist dies dem Umstande zuzuschreiben, dafs wir gleich anfangs in der Reihe g. die am schlechtesten bewachsenen Gefäfsse der „mangelhaft bestandenen Abteilung B.“ vereinigt hatten.

(Man mag aus dieser Bemerkung Ursache nehmen, die Beweiskraft dieser Reihe überhaupt nicht hoch zu schätzen; soviel aber lehrt dieselbe im Vereine mit der nächstfolgenden Reihe h. unzweifelhaft, dafs die Nachteile, welche der Wassermangel den Pflanzen der Reihe f. gebracht hatte, hauptsächlich in der ersten Hälfte der Durstperiode, also während des Schossens, und weit weniger in der zweiten, also während der Blüte, hervorgerufen waren. Wir stehen deshalb nicht an, die Ertragsresultate dieser Reihe ebenso ausführlich mitzutheilen, wie die der übrigen.)

Es wurde geerntet:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Anzahl der				Länge der Halme bis zur Grannenspitze	
		Pflanzen Ähren	unfrucht- baren Triebe	Ähren	Samen	cm	in Sa.
639.	30	5	4	39 52 42 42 30 30 21 27 14 16 13 16	26 42 30 33 22 18 14 24 6 5 3 0	95 92 92 84 84 81 75 75 62 59 41 36	in Sa. 876
640.	20	5	5	40 39 26 25 20 25 18 19	21 36 17 20 9 17 0	85 80 71 68 60 50 37 31	in Sa. 432
641.	10	7	16	30 25 27 26 8 in Sa. 116	22 14 13 8 3 in Sa. 60	60 60 53 51 31 in Sa. 255	
642.	5	Halme 40—50 cm lang, nicht vollständig entwickelt und ohne Ährenbildung vertrocknet.					

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz			Verhältnis Summa = 100		Ein Korn wog in Durchschnitt mg		
		der Körner	des Strohes	der Spreu	Körner :	Stroh :			
639.	30	7648	7622	1332	16602	46,1	45,9	8,0	34
640.	20	4424	5848	1088	11360	38,9	51,5	9,6	37
641.	10	2105	4968	440	7513	28,0	66,1	5,9	35
642.	5	—	4881	—	4881	—	100,0	—	—

R e i h e h.

Die Reihe h. endlich war dazu bestimmt, die letzte Hälfte der Durstperiode der Versuchsreihe f. mit dieser gemeinschaftlich durchzumachen.

Sie erhielt von der Aussaat an bis zum 22. Juni ausreichende Bodenfeuchtigkeit (60 Proz. der wasserfassenden Kraft).

Vom 22. Juni bis 7. Juli wurde dieselbe reduziert

in Nro. 643	auf 30	Proz. der wasserfassenden Kraft	des Sandes					
" "	644	" 20	" "	"	"	"	"	"
" "	645	" 10	" "	"	"	"	"	"
" "	646	" 5	" "	"	"	"	"	"

Am 7. Juli wurde dann der Wassergehalt des Bodens wieder erhöht auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft und so erhalten bis zum Schlusse des Versuches.

Die Durstperiode der Reihe h. erstreckte sich also auf die Zeit, zu welcher die Pflanzen ihre Ähren voll aus der Blattscheide entwickelt hatten bis zum beginnenden Samenansatze, im wesentlichen also auf die Periode des Blühens.

Da die Pflanzen bei Beginn der Durstperiode ihre Gröfsenentwicklung schon vollendet hatten, so fielen die Wirkungen des periodischen Wassermangels während der Vegetation nicht so sehr ins Auge, obwohl sich deutlich erkennen liefs, dafs in den beiden letzten Nummern der Reihe die Ausbildung der Samen sehr unvollkommen geblieben war; aufserordentlich scharf aber traten dieselben bei der Zählung und Wägung der Ernteprodukte hervor.

Man fand:

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasser- fassenden Kraft	Anzahl der				unfrucht- baren Triebe		Ährchen	Samen		Länge der Halme bis zur Grannenspitze cm
		Pflanzen	Ähren	Ähren	Ähren	Ähren	Samen				
643.	30	5	10	4	{ 39 34 43 40 42 { 32 33 27 22 34 in Sa. 346	{ 33 27 35 26 38 { 28 30 24 18 26 in Sa. 235	102 98 100 96 103 93 94 90 82 79 in Sa. 937				
644.	20	6	11	8	{ 40 37 42 45 42 { 42 21 29 20 18 { 12 in Sa. 348	{ 31 32 35 41 36 { 33 21 21 12 13 { 6 in Sa. 281	113 103 108 110 104 101 96 92 88 69 54 in Sa. 1038				
645.	10	7	12	7	{ 44 33 38 35 34 { 32 32 23 23 18 { 5 6 in Sa. 325	{ 39 28 33 33 26 { 28 23 21 17 12 { 0 0 in Sa. 260	117 110 108 108 105 104 104 97 93 82 37 37 in Sa. 1102				
646.	5	7	13	7	{ 49 43 42 29 19 { 36 28 37 27 17 { 29 18 10 10 in Sa. 384	{ 40 37 36 19 12 { 20 19 30 22 12 { 15 14 4 in Sa. 280	110 111 108 103 101 95 94 93 94 89 73 67 56 in Sa. 1194				

Nro.	Bodenfeuchtigkeit während der Durstperiode in Proz. der wasser- fassenden Kraft	Trockensubstanz		Verhältnis		Ein Korn wog im Durchschnitt mg
		der Körner	des Strohes	der Spreu	in Sa.		Körner : Stroh : Spreu
343.	30	8699 mg	8 032 mg	1471 mg	18 202 mg	31
344.	20	8276 mg	8 445 mg	1427 mg	18 148 mg	29
345.	10	6117 mg	9 238 mg	1181 mg	16 536 mg	24
346.	5	4690 mg	10 413 mg	1400 mg	16 503 mg	17

Die Resultate dieser acht Reihen geben zu mancherlei wie uns scheint nicht uninteressanten Betrachtungen Anlaß.

Zunächst zeigen dieselben, daß die Produktion der Pflanzen auch durch kürzere Durstperioden in hohem Grade geschädigt werden kann und daß spätere reichliche Wasserzufuhren die schädlichen Wirkungen eines vorausgegangenen periodischen Wassermangels nicht wieder aufzuheben vermögen. Ja es scheint sogar, als ob Pflanzen, die betreffs der Bodenfeuchtigkeit im allgemeinen glücklich situiert waren, stärker leiden, wenn sie einmal von einer vorübergehenden Durstperiode betroffen werden, als solche, welche zeitlebens mit einem relativen Wassermangel kämpfen mußten und deren ganze Organisation sich diesen beschränkten Verhältnissen bis zu einem gewissen Grade angepaßt hatte. (Betreffs des letzteren Punktes bitten wir das weiter unten in Kap. 7 dieses Abschnittes Gesagte zu vergleichen.)

Weiter geht aus den Versuchen hervor, daß ein periodischer Wassermangel um so empfindlicher wirkt, je jünger die Gewächse sind, die er betrifft. Ist eine Gerstpflanze glücklich bis zum Beginne des Samenansatzes gediehen, so vermag sie den Rest ihrer Lebensaufgabe auch bei langsamem Wasserersatze noch befriedigend zu lösen. Die Versuchsreihe e. beweist, daß eine Bodenfeuchtigkeit von 10 Proz. der wasserfassenden Kraft noch genügt, um den Pflanzen die Überführung der vorgebildeten Reservestoffe aus den Blättern, Halmen und Spelzen nach dem Samen zu ermöglichen.

Natürlich treffen die Folgen eines periodischen Wassermangels dasjenige Organ am stärksten, mit dessen Ausbildung die Pflanze während der Durstperiode vorzugsweise beschäftigt ist. Wenn man sich die Mühe nehmen will, aus den über die Ernteprodukte mitgeteilten Details das Bild, welches unsere verschiedenen Versuchspflanzen zur Zeit der Reife boten, zu rekonstruieren, so wird man finden, wie getreu daselbe die Leidensgeschichte jeder Nummer widerspiegelt.

Wir greifen ein einziges Beispiel heraus:

Die Vegetationszeit unserer Versuchspflanzen kann man mit Auschluss der Keimperiode etwa vom 10. Mai bis 19. Juli datieren.

Innerhalb dieser 70 Tage ertrug die Nummer 616 einen 22-tägigen mäßigen Wassermangel (Bodenfeuchtigkeit = 20 Proz. der wasser-

fassenden Kraft des Sandes) vom 18. Mai bis 10. Juni, d. h. in der Zeit vom Beginne der Bestockung bis zum Anfange des Schossens.

Die Nro. 626 dagegen wurde 26 Tage lang auf einen knappen Wasseretat gesetzt (Bodenfeuchtigkeit ebenfalls 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes) und zwar vom 22. Juni bis 19. Juli d. h. in der Zeit nach Entwicklung der jungen Ähre bis zum Tage der Ernte.

Und das Bild, welches die beiden Nummern im Zustande voller Reife boten, war folgendes:

	Nro. 616.	Nro. 626.
	Durstperiode während der Blatt- und Halm- bildung	Durstperiode während der Blüte und Frucht- entwicklung
Anzahl der Pflanzen	7	7
„ „ Halme	17	19
Davon { ährentragend	15	11
{ unfruchtbar	2	8
Länge der sieben Haupthalme in Centim.	76—99	97—120
Durchschnittslänge derselben in „	90	110
Anzahl der Ährchen	436	316
„ „ Samen	346	263
Geerntete Trockensubstanz im Stroh in Milligr.	6 690	10036
„ „ in den Samen in Milligr.	10 072	8 263
Von dem Gesamtertrage { das Stroh in Proz.	36,2	50,9
machten aus { die Samen „ „	54,5	42,0

Die Höhe der Bodenfeuchtigkeit, welche bei Sandkulturversuchen am zweckmäßigsten festzuhalten sei, betreffend hatten wir im vorigen Kapitel geschlossen: „dafs ein Wassergehalt des Bodens, der sich in der Nähe der Hälfte seiner wasserfassenden Kraft bewegt, unter allen Umständen der günstigste sei, und dafs man im allgemeinen bei der Sandkultur in geschlossenen Gefäßen die Bodenfeuchtigkeit zwischen 60 und 40 Proz., oder wohl von 70 bis nach 30 Proz. der wasserfassenden Kraft schwanken lassen dürfe, ohne den Ertrag und die Richtigkeit der Resultate zu schädigen“.

Der Ausfall der vorstehenden acht Versuchsreihen giebt uns keine Veranlassung, etwas an diesem Schlusse zu modifizieren. Leider aber kam uns diese Erkenntnis in mancher Beziehung etwas zu spät.

Bei einer großen Anzahl von Versuchen über das Nährstoffbedürfnis verschiedener Kulturpflanzen, die teils vor, teils gleich-

zeitig mit den eben berichteten Experimenten über den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit angestellt wurden, hatten wir die Grenzen von 60 zu 20 Proz. der wasserfassenden Kraft als die gewählt, welche während der ganzen Vegetationszeit gewahrt wurden; d. h. wir befolgten die Praxis, bei Beginn der Versuche die Bodenfeuchtigkeit auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes zu stellen und sie immer erst dann wieder auf diese Höhe zurückzuführen, wenn sie infolge der Verdunstung bis in die Nähe von 20 Proz. herabgesunken war.

Nach den in diesem und dem vorigen Kapitel mitgeteilten Resultaten können wir die Möglichkeit, daß die Produktion dieser unserer Versuchspflanzen periodisch durch relativen Wassermangel geschädigt wurde, nicht in Abrede stellen; aber wir glauben zu unserem Troste annehmen zu dürfen, daß der eventuelle Schaden niemals eine Höhe erreichte, welcher die Gültigkeit der übrigen Resultate wesentlich tangieren konnte; denn die Zeit, während welcher die Pflanzen bei der angegebenen Behandlung mit einer Bodenfeuchtigkeit unterhalb 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes sich begnügen mußten, betrug hier nie länger als ein paar Tage, in Perioden hoher Lufttemperatur und energischer Verdunstung noch nicht einmal ganz einen Tag.

Trotzdem können wir es nur bedauern, daß wir uns durch frühere unvollkommene Beobachtungen verführen ließen, die Minimalgrenze der Bodenfeuchtigkeit in vielen Versuchen bezüglich der Wirkung einzelner Nährstoffe auf das Pflanzenwachstum, über welche wir noch später ausführlich zu berichten haben, bis auf 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes herabzusetzen.

Fünftes Kapitel.

Verhältnis zwischen Produktion und Verdunstung. —
 Wie viel Wasser verbraucht eine Pflanze während der
 Erzeugung von einem Gramm Trockensubstanz durch-
 schnittlich?

Wir sind uns bewußt, in diesem Kapitel einen etwas schlüpfrigen Boden zu betreten und fragen uns deshalb zunächst: ist die Aufgabe, die wir uns hier stellen, vielleicht gar unlogisch und deshalb an sich unlösbar, oder ist sie überhaupt müßig?

Es wird davon abhängen, von welchem Standpunkte aus wir die Sache betrachten, ob wir hierauf mit einem entschiedenen Nein antworten dürfen.

Zunächst ist nicht zu leugnen, dafs, obwohl einzelne Faktoren, welche die Transpiration befördern, zugleich auch günstig auf die Assimilation einwirken, die Verdunstung doch in der Hauptsache von anderen Ursachen abhängt als die Produktion.

Die Verdunstungskurve wird also, wenn sie auch mit der Wachstumskurve in der Regel innerhalb gewisser Grenzen gleichsinnig verlaufen wird, doch niemals mit der letzteren zusammenfallen oder parallel gehen; und deshalb ist es aussichtslos, nach einer einfachen Verhältniszahl oder einer konstanten Relation zwischen beiden zu suchen.

Das kann aber, wie uns dünkt, nicht davon abhalten, nach einer empirischen Mittelzahl für den Wasserverbrauch unserer Kulturgewächse zu forschen.

Was giebt es Unsichereres und Wechselnderes als die Menge der meteorologischen Niederschläge und der Lufttemperatur in verschiedenen Jahren oder an verschiedenen Orten? Und doch hat man sich mit gutem Grunde alle Mühe gegeben, den durchschnittlichen Regengefall und die mittlere Jahrestemperatur für möglichst viele Gegenden genau zu bestimmen.

Sollte eine Zahl, welche die mittlere Verdunstungsgröße der Pflanzen mit annähernder Genauigkeit angiebt, minder wertvoll, für eine Menge von Fragen der Praxis (vielleicht auch der Wissenschaft) weniger verwendbar sein?

Natürlich kann eine solche Zahl nur eine relative sein; und auf was soll man dieselbe anders beziehen, als auf die Menge der gleichzeitig produzierten Trockensubstanz?

Auf ein einzelnes Pflanzenindividuum? dieselben sind in Größe, Fläche und Transpirationsenergie unendlich verschieden; auf eine Einheit der verdunstenden Oberfläche der Pflanzen? dieselbe ist sowohl an der einzelnen Pflanze als auf einer gegebenen Feldfläche jeden Tag eine andere und dabei nur sehr umständlich und schwierig bestimmbar; oder endlich auf eine bestimmte Ackerfläche? dieselbe kann dünn und kann dick bestanden sein und einen brauchbaren Maßstab zum Vergleiche verschieden bestandener Flächen zu finden, dürfte ein Ding der Unmöglichkeit sein.

Gewiß das Rationellste und Einfachste für die praktische Verwertung derselben wird es immer sein, wenn man die Verdunstungsgröße ausdrückt als Verhältniszahl zur produzierten Trockensubstanz.

In den früheren Mitteilungen ist wiederholt darauf hingewiesen, daß wir von dem Momente an, in welchem wir den Einfluß der Wasserzufuhr auf die Produktion genauer erkannten, das Begießen unserer Versuchspflanzen ausnahmslos nur mit Hilfe der Wage vollzogen. Teils der Kontrolle halber, teils auch in der Hoffnung, die erhaltenen Zahlen gelegentlich noch weiter benutzen zu können, wurden die gegebenen Wassermengen von Anfang an sorgfältig gebucht, und so liegt uns in unseren Journalen ein reichliches Material vor, das für die hier beregte Frage zum Teil verwertbar ist.

Nur zum Teil — aus zwei Gründen.

Erstens können wir uns nicht verhehlen, daß unsere Zahlen in verschiedenen Jahren ungleichen Wert haben und daß sie um so weniger zuverlässig sind, in je früherer Zeit sie gewonnen wurden.

Wie schon früher bemerkt, hatten wir nur in den Jahren 1871, 1872 und 1873 durch mit einer Wachs-Paraffin-Mischung getränkte und oben in die Kulturgefäße eingekittete Holzdeckel die Kommunikation des Bodens mit der Atmosphäre vollständig abgeschlossen. Die in diesen drei Jahren während der Vegetationszeit zum Begießen

verwendeten Wassermengen repräsentieren also ohne weiteres die von den Pflanzen während ihrer Lebensdauer verdunsteten Wasserquanta und zwar nach Möglichkeit genau.

In den vorhergehenden Jahren war ein solcher Abschluß der Bodenoberfläche nicht bewirkt worden und deshalb haben wir dort in den zum Begießen verwendeten Wasserquantitäten nur die Summe der vom Boden und den Pflanzen zugleich verdunsteten Feuchtigkeitsmengen. Auch diese Zahlen zur Bestimmung der Verdunstungsgröße der Pflanzen zu verwerten, wird also nur dann möglich sein, wenn es gelingt, die von der Bodenoberfläche allein verdunsteten Wassermengen daraus zu eliminieren.

In der Hoffnung, dieses Ziel auf möglichst einfache Weise zu erreichen, hatten wir in den drei Jahren 1868, 1869 und 1870 zwischen unsere Versuchsreihen jedesmal eine Anzahl von Kulturgefäßen mit eingeschoben, die ganz in gewöhnlicher Weise beschickt, aber nicht mit angesät wurden. Diese Gefäße wurden dann während der ganzen Vegetationszeit regelmäÙig mit begossen und zwar derart, daÙ in denselben die Bodenfeuchtigkeit allezeit innerhalb der gleichen Grenzen gehalten wurde, wie in den mit Pflanzen bestandenen Nummern. Die von diesen brach liegenden GefäÙen verdunstete Wassermenge sollte dann als Grundlage dienen, um durch einfache Subtraktion die stattgehabte Transpiration der Pflanzen in den bestandenen Nummern zu finden.

So einfach die Sache scheinbar lag, so konnten wir uns doch nicht verhehlen, daÙ die Methode mangelhaft war und daÙ sie verschiedene Fehlerquellen einschloÙ.

Zuerst ist zu bemerken, daÙ die Oberfläche unserer KulturgefäÙe, wenigstens die der von uns zu den später mitzuteilenden Ernährungsversuchen allgemein benutzten*), nicht genau gleich war. Durch direkte Messung wurden Differenzen gefunden von 34 qcm (gröÙste Oberfläche = 215 qcm, kleinste = 181 qcm); doch wollen wir hierbei ausdrücklich bemerken, daÙ diese Extreme wenige GefäÙe betrafen, welche nur ausnahmsweise mit in Gebrauch kamen, und daÙ im allgemeinen die Unterschiede weit geringer waren.

Sodann war vorauszusetzen, daÙ der brach und ganz frei liegende Boden selbst bei ganz gleicher Oberfläche stärker verdunsten

*) Mit je 4000 g Sand gefüllt.

würde, als der mit Pflanzen bestandene und dadurch mehr oder weniger beschattete.

Um zu sehen, wie stark dieser Umstand die Verdunstung des Bodens zu influieren vermöge, wurde einmal eins der nicht besäeten Kulturgefäße in folgender Weise künstlich beschattet. Man besteckte daselbe in gleichmäßigen Abständen mit zwölf Glasstäben, an welchen lange schmale Streifen von grünem Papier so befestigt waren, daß die Gestalt beblätterter Gerstpflanzen, so gut es eben gehen wollte, nachgeahmt war. Das so hergerichtete Gefäß Nro. 647 verdunstete, als es in gewöhnlicher Weise mit begossen wurde, innerhalb einer Vegetationszeit von 65 Tagen (12. Mai bis 15. Juli) in Summa 2550 g Wasser, während ein anderés ebenfalls brach liegendes, aber nicht beschattetes Kontrollegefäß Nro. 648 unter den gleichen Verhältnissen 3223 g verdunstete. Wenn man nun auch zugeben muß, daß die natürliche Beschattung des Bodens durch die Pflanzen zu Anfang und gegen Ende der Vegetation eine weit minder energische ist als die hier von uns gewählte künstliche, so bleibt doch immer eine bemerkenswerte Beeinflussung der Verdunstung durch dieselben unleugbar.

Drittens endlich war zu vermuten, weil Salzlösungen träger verdunsten als reines Wasser, daß auch die dem Boden zugesetzten Nährstofflösungen je nach ihrer Konzentration und Mischung die Wasserverdunstung aus letzterem bis zu einem gewissen Grade verändern würden.

Einige direkte Versuche in dieser Richtung zeigten Folgendes:

Im Jahre 1868 wurden drei Kulturgefäße, die mit je 4000 g gereinigtem Sande beschickt, aber nicht besäet waren, während der Vegetationszeit der Gerste vom 30. April bis 6. August immer derart mit begossen, daß ihre Bodenfeuchtigkeit stets innerhalb der Grenzen von 80 zu 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwankte. Davon verdunstete innerhalb der 98 Tage:

Nro. 649, welche bloß mit reinem Sande ohne jeden Zusatz von Salzen gefüllt worden war	4320 g Wasser
Nro. 650, welche einen Zusatz von 5,5 g Chlorcalcium erhalten hatte	3800 „ „
Nro. 651, welcher man dieselbe Nährstoffmischung, wie den mit Pflanzen bestandenen Nummern, gegeben hatte	3600 „ „

Im Jahre 1869 wurde die Verdunstung von sechs brach liegenden Kulturgefäßen, von denen drei (Nro. 652 bis 654) blofs mit gereinigtem Sande gefüllt waren, die drei anderen aber (Nro. 655 bis 657) einen Zusatz von Nährstoffen, bestehend aus 0,272 g saurem phosphorsaurem Kali, 0,075 g Chlorkalium, 0,096 g schwefelsaurer Magnesia und 1,312 g salpetersaurem Kalke empfangen hatten, während der Vegetationszeit der Gerste innerhalb 82 Tagen wie folgt gefunden:

Nro.	beschickt mit	Bodenfeuchtigkeit, jeden Tag ergänzt auf Proz. d. wasser- fassenden Kraft des Sandes	verdunstete in Summa Wasser	
652.	} reinem Sande ohne Nährstoffzusatz	{ 80 Proz.	3529 g	
653.			60 "	3390 "
654.			40 "	3093 "
655.	} mit Nährstoffzusatz	{ 80 "	3379 "	
656.			60 "	2763 "
657.			40 "	2891 "

Und im Jahre 1870 wurde bei der ganz gleichen Anordnung des Versuchs als Resultat erhalten:

Nro.	beschickt mit	Bodenfeuchtigkeit, jeden Tag ergänzt auf Proz. d. wasser- fassenden Kraft des Sandes	verdunstete in Summa Wasser	
658.	} reinem Sande ohne Nährstoffzusatz	{ 80 Proz.	3364 g	
659.			60 "	3490 "
660.			40 "	3256 "
661.			30 "	2840 "
662.			20 "	2721 "
663.	} mit Nährstoffzusatz	{ 80 "	2800 "	
664.			60 "	2733 "
665.			40 "	2768 "
666.			30 "	2840 "
667.			20 "	2679 "

Diese Zahlen zeigen deutlich genug, daß die Verdunstung einer blofs mit Wasser durchfeuchteten Sandfläche nicht ~~der~~ einer andern gleich gesetzt werden kann, welche mit einer wenn auch nur schwachen

Salzlösung durchtränkt ist. Andererseits aber konnte uns auch ein mit Nährstofflösung versehenes brach liegendes Kulturgefäß keinen ganz richtigen Maßstab für die Wasserverdunstung des Bodens in unseren mit Pflanzen bestandenen Gefäßen geben, denn in ersterem blieb natürlich die Konzentration der Salzlösung von Anfang bis Ende des Versuches immer die gleiche, während sie in letzteren in dem Maße gradatim abnahm, wie die Pflanzen die Nährstoffe allmählich konsumierten. Außerdem aber erhielt in unseren Ernährungs-Versuchen fast jede andere Nummer auch eine andere Nährstoffmischung.

Wir versuchten die gerügten Fehler einigermaßen dadurch zu mildern, daß wir erstens zu den Nummern, welche wir behufs Bestimmung der Bodenverdunstung brach liegen ließen, immer solche Gefäße aussuchten, welche die mittlere Oberfläche aller übrigen hatten, und daß wir zweitens als Maß der Bodenverdunstung die Mittelzahl annahmen, welche wir von einem mit reinem Wasser begossenen und einem mit Nährstofflösung versehenen Gefäße erhielten, aber wir können uns nicht verhehlen, daß dadurch die Fehler nicht gänzlich vermieden wurden und daß mithin die von uns in den drei Jahren 1868, 1869 und 1870 ermittelten Zahlen für die Transpiration der Pflanzen nicht in gleichem Grade Gültigkeit beanspruchen können, wie die in den Jahren 1871, 1872 und 1873 mit gänzlichem Ausschlusse der Bodenverdunstung gewonnenen.

In den vor 1868 vorhergehenden Jahren war keinerlei Vorrichtung getroffen worden, die zur Ermittlung der Bodenverdunstung an sich hätte dienen können. Jedoch fanden sich in unseren Ernährungsversuchen immer eine Anzahl von Gefäßen, in denen, obgleich sie besät waren, so gut wie keine Vegetation stattfand, weil darin die Pflanzen wegen absoluten Mangels an einem notwendigen Nährstoffe entweder in ihrer Entwicklung auf dem Stadium des Keimlebens stehen blieben, oder frühzeitig zu Grunde gingen. In diesen Gefäßen konnte die Verdunstung nicht erheblich anders sein, als wenn sie vollkommen brach gelegen hätten, und da sie während der ganzen Versuchsdauer immer regelmäsig mit begossen wurden, so hatte man in ihnen zur Not immer noch ein Mittel, um die Transpirationsgröße der Pflanzen auch in diesen Jahren annähernd ausscheiden zu können. — Soweit irgend Beobachtungen aus späterer Zeit zur Verfügung standen, sind die vor 1868 ausgeführten Versuche bei der vorliegenden Frage außer Berücksichtigung gelassen.

Ein zweiter Grund, warum wir die von uns gesammelten Transpirationsresultate hier nur zum Teil verwerten können, liegt darin, daß die meisten unserer Versuchspflanzen absichtlich als Mangelpflanzen erzogen wurden.

Überblicken wir die gesamten Zahlen, welche uns die letzten sechs Jahre lieferten, so stellen sich dieselben als eine ziemlich bunte Gesellschaft dar; wir finden darunter Gerstenpflanzen, welche pro Gramm Trockensubstanz während ihrer Vegetationszeit weniger als 200, und wir finden solche, welche beinahe 1000 g Wasser verdunsteten; aber diese Unterschiede sind zum größten Teile leicht erklärbar und nichts weniger als zufällig.

Zunächst wird man es natürlich finden, daß die Pflanze für jedes Gramm Trockensubstanz, welches sie produziert, um so weniger Wasser verbraucht, je energischer, je ungestörter und je rascher sie wächst, und daß umgekehrt jeder Faktor, welcher die Assimilation herabdrückt ohne zugleich die Vegetationszeit entsprechend zu verkürzen, oder welcher die Vegetationszeit ungebührlich verlängert, damit zugleich auch die relative Verdunstungsgröße über das normale Maß hinaus erhöhen muß.

Es wird nicht nötig sein, unsere Beobachtungen in dieser Richtung sämtlich mitzuteilen, und so das mit Zahlen so schon reichlich genug beladene Buch noch weiter damit zu belasten. Es wird genügen, an einigen Beispielen zu zeigen, wie weit diese Ursachen die Quantität des transpirierten Wassers zu beeinflussen vermögen.

a. Mangel eines Nährstoffes.

Im Jahre 1869 wurde eine Versuchsreihe beobachtet, welche dazu bestimmt war, die zur normalen Ernährung der Gerste notwendige Stickstoffmenge kennen zu lehren. Die Bedingungen, unter welchen dieselbe vegetierte, waren kurz folgende:

Jedes Kulturgefäß war mit 4000 g gereinigtem Quarzsande gefüllt und hatte als Nährstoffmischung zunächst

2,0 mg - Äquivalente	KO,	2 HO,	PO ₅ ,
1,0 "	"	"	KCl und
1,6 "	"	"	Mg OSO ₃

erhalten.

Hierzu wurde als Stickstoffnahrung noch salpetersaurer Kalk gefügt und zwar in für jede Nummer verschiedenen, von 20 mg-Äquiv. bis zu Null herabsinkenden Quantitäten.

Die Dauer des Versuches umfasste vom 3. Mai, dem Tage der Einsaat, bis zum 24. Juli, dem Datum der Ernte, in Summa 82 Tage.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde in sämtlichen Gefäßen am 3. Mai auf 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes gestellt und dann, so oft sie bis auf 20 Proz. herabgesunken war, auf diesen Maximalstand zurückgebracht. Zum letzten Male geschah dies am Tage der Ernte selbst. Die zum Begießen verwendeten Wassermengen repräsentierten mithin nach Abzug des geernteten Pflanzengewichts die Summe der von den Pflanzen und dem Boden zusammen verdunsteten Feuchtigkeit.

Von zwei Gefäßen, die man brach liegen liefs, im übrigen aber mit den angesäeten Nummern ganz gleich behandelte, verdunstete während der Dauer des Versuches das eine, Nro. 668, welches mit reinem Sande gefüllt war, in Summa 3093 g Wasser und das andere, Nro. 669, welches dieselbe Nährstoffmischung, wie die mit Pflanzen bestandenen Gefäße erhalten hatte, in Summa 2891 g Wasser.

Nimmt man das Mittel aus beiden Zahlen = 2992 g als die wahrscheinlichste Gröfse der Bodenverdunstung innerhalb der 82 Tage an, so ergibt sich die Transpiration der in Rede stehenden Versuchspflanzen wie folgt:

Nro.	erhielt Ca O N O ₅	produzierte oberirdische Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		für je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurde ver- braucht Wasser
				d. Boden- verdun- stung	d. Tran- spiration d. Pflanzen	
	mg-Äquiv.	g	g	g	g	g
721.	20	25,504	10 443	2992	7451	292
722.	16	23,026	9 949	2992	6957	302
723.	12	18,288	9 309	2992	6317	345
724.	8	13,936	7 831	2992	4839	347
725.	4	8,479	6 378	2992	3386	399
726.	0	1,103	3 948	2992	956	867
727.	0	1,111	3 796	2992	804	724

Im Jahre 1868 war eine Versuchsreihe unter sehr ähnlichen Bedingungen in Gang gesetzt worden.

Die Gefäße, die Beschickung derselben und die Beimischung von sogenannten mineralischen Nährstoffen waren genau dieselben, wie im Jahre 1869.

Betreffs des Zusatzes von salpetersaurem Kalke wurde nur insofern etwas abgewichen, als man teilweise andere Quantitäten gab und den ausfallenden Kalk in Form von Chlorcalcium wieder ersetzte.

Dagegen war die Bodenfeuchtigkeit viel höher normiert, indem man dieselbe während der ganzen Vegetationszeit innerhalb der Grenzen von 80 bis zu 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwanken liefs.

Der Versuch begann mit der Einsaat der schwach angekeimten Gerstensamen am 30. April und schlofs diesmal für die einzelnen Nummern der Reihe, da die Pflanzen nicht ganz gleich reiften, an verschiedenen Tagen.

Die Verdunstung des Bodens allein wurde zu 40 g Wasser durchschnittlich pro Tag angenommen, da zwei brach liegende, aber regelmäßig mit begossene Gefäße vom 30. April bis zum 6. August, also innerhalb 98 Tagen, verdunsteten und zwar:

Nro. 670, welches nur mit reinem Sande gefüllt war, in Summa 4320 g und

Nro. 671, welches dieselbe Nährstoffmischung erhalten hatte, wie die mit Pflanzen bestandenen Gefäße, in Summa 3600 g Wasser.

Läfst man das Mittel aus beiden Zahlen: 3960 g in Sa. = rund 40 g durchschnittlich pro Tag als die wahrscheinlichste Gröfse für die Verdunstung des Bodens gelten, so stellt sich die Transpiration der Pflanzen in der vorliegenden Reihe wie folgt:

Nro.	erhielt Ca O N O ₅	vege- tierte in Sa. Tage	produ- zierte oberird. Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		für je 1 g oberirdische Trocken- substanz wurde ver- braucht Wasser
					der Boden- verdun- stung	der Tran- spiration der Pflanzen	
	mg-Äquiv.		g	g	g	g	g
728.	12	80	16,544	8793	3200	5593	338
729.	10	82	13,457	7978	3280	4698	349
730.	8	80	12,163	7481	3200	4281	352
731.	6	80	9,693	7319	3200	4119	425
732.	4	80	6,614	6383	3200	3183	481
733.	0	88	0,730	4237	3520	717	982

Neben der eben beschriebenen Versuchsreihe lief in demselben Jahre 1868 eine andere, deren Aufgabe es war, die für das Wachstum der kleinen Gerste notwendige Kalimenge kennen zu lehren.

Jedes Gefäß dieser Reihe war mit 4000 g gereinigtem Quarzsande gefüllt und hatte als Nährstoffmischung zunächst gleichmäßig eine Gabe von 16 mg-Äquiv. salpetersaurem Kalk und 1,6 mg-Äquiv. schwefelsaurer Magnesia, außerdem aber einen verschiedenen, in den einzelnen Gliedern der Reihe allmählich sinkenden, Zusatz von phosphorsaurem Kali und Chlorkalium erhalten. Denjenigen Nummern, welchen die verminderten Quantitäten von Kalisalzen zugeführt wurden, gab man statt der letzteren äquivalente Mengen der entsprechenden Natriumverbindungen.

Da die Bodenfeuchtigkeit, Saatzeit und alle übrigen Versuchsbedingungen sonst genau die gleichen waren, wie in der vorstehenden Stickstoffreihe, so wird man auch hier auf Grund der dort mitgeteilten Ermittlungen die Verdunstung des Bodens allein = 40 g durchschnittlich pro Tag setzen müssen, und findet dann die Transpirationsgröße der Pflanzen in dieser Reihe wie folgt:

Nro.	erhielt Kalium	vege- tierte in Sa. Tage	produ- zierte oberird. Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		für je 1 g oberirdische Trocken- substanz wurde ver- braucht Wasser
					der Boden- verdun- stung	der Tran- spiration der Pflanzen	
	mg-Äquiv.		g	g	g	g	g
734.	3,0	79	20,751	10 006	3160	6846	330
735.	2,2	88	18,427	10 186	3520	6666	362
736.	1,6	77	17,348	9 841	3080	6761	390
737.	1,2	80	15,738	10 332	3200	7132	453
738.	0,8	88	15,409	10 029	3520	6509	422
739.	0,4	98	10,772	9 579	3920	5659	525
740.	0	124	6 392	8 891	4960	3931	615

b. Mangel an Licht.

Auf S. 392 ff. wurde über einen Versuch berichtet, welcher dazu bestimmt war, den Einfluß festzustellen, welchen eine Beschränkung des Lichtzutrittes auf die Produktion der Pflanzen ausübt.

Es waren hierzu eine Anzahl größerer (65 bis 67 cm hoher) und kleinerer (34 bis 35 cm hoher) Glascylinder mit Gartenboden gefüllt und teils mit kleiner Gerste, teils mit Erbsen angesäet worden.

Vier Nummern dieser Reihe liefs man im freien vollen Sonnenscheine vegetieren; bei den übrigen wurde der Lichtzutritt auf die Weise beschränkt, daß durch eine Kolonne übereinander gestellter Pappschirme das Auffallen direkter Lichtstrahlen auf die Pflanzen von der Seite her gänzlich ausgeschlossen und nur vertikal von oben durch die obere Öffnung der Schirme gestattet war.

Zu diesen Schirmkolonnen wurden Schirme von drei verschiedenen Gröfsen benutzt, und zwar war die obere Öffnung der größten gleich der doppelten, die der mittleren gleich der einfachen und die der kleinsten gleich der halben Bodenoberfläche in den Versuchsgefäfsen.

Indem wir betreffs aller Spezialitäten des Versuches auf die a. a. O. gemachten ausführlichen Angaben zurückverweisen, begnügen wir uns hier daran zu erinnern, daß bei den im Jahre 1873 ausgeführten Versuchen jede Wasserverdunstung aus dem Boden durch wasserdichte Deckel, welche über der Bodenoberfläche in die Gefäfsen eingekittet waren, ausgeschlossen war, und daß mithin die von uns während der Vegetationszeit zum Begiefsen verwendeten Wassermengen direkt die Transpirationsgröfse der Pflanzen ausdrücken.

Folgendes sind die von uns gefundenen Zahlen:

Nro.		produzierte	ver-	auf je 1 g
		in Sa.	dunstete	oberirdische
		oberirdische	in Sa.	Trocken-
		Trocken-	Wasser	substanz
		substanz		wurde ver-
				braucht
				Wasser
		g	g	g
Gerste in den größeren Gefäßen (65 bis 67 cm hoch):				
356.	Vegetierte in vollem Lichte	57,288	20 639	360
479.	„ unter den weiten Schirmen	15,321	7 627	498
480.	„ „ „ mittleren „	10,792	5 539	510
481.	„ „ „ engen „	7,730	4 704	609
Gerste in den kleineren Gefäßen (34 bis 35 cm hoch):				
354.	Vegetierte in vollem Lichte	27,981	9 446	338
482.	„ unter den weiten Schirmen	12,217	5 714	468
483.	„ „ „ mittleren „	11,804	6 235	528
484.	„ „ „ engen „	6,507	3 529	542
Erbsen in den kleineren Gefäßen (34 bis 35 cm hoch):				
485.	Vegetierte in vollem Lichte	38,359	13 166	343
486.	„ „ „ „	37,093	13 519	364
487.	„ unter den mittleren Schirmen	11,350	7 085	624

c. Mangel an Wärme.

Wie oben im vierten Kapitel des zweiten Abschnitts ausführlicher mitgeteilt wurde, war es uns gelungen, in vier verschiedenen Gefäßgrößen Pflanzen von Rotklee zu einer befriedigenden Entwicklung zu bringen und dieselben drei Jahre lang im Wachstum zu erhalten.

In jedem der drei Jahre wurden von den Pflanzen mehrere Schnitte geerntet, und da die Entwicklung eines jeden Schnittes in eine andere Jahreszeit fiel, so erscheint der Versuch wohl geeignet, über den relativen Wasserverbrauch einer Pflanze in verschiedenen warmen Zeitperioden Auskunft zu geben.

Wir können uns auch hier auf die einfache Erwähnung beschränken, daß die Verdunstung des Bodens bei diesem Experimente durch aufgekittete Schutzdeckel verhindert war, und betreffs alles übrigen auf die S. 194 ff. gemachten Mitteilungen zurückverweisen.

Die über die zum Begießen verwendeten Wassermengen gemachten Notizen ergaben folgendes:

Nro.	produzierte	oberirdische Trocken- substanz	transpi- rierte in Sa. Wasser	für je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurde ver- braucht Wasser
		g	g	g
Klee in kleinen Gefäßen (15½ cm hoch):				
314.	{ im 1. Schnitte bis 17. Juli 1872	12,8	4 635	362
	{ " 2. " " 14. Sept. "	12,8	5 565	435
	{ " 3. " " 8. Jan. 1873	0,5	794	1588
	{ " 4. " " 5. Juni "	26,6	7 763	292
315.	{ im 1. Schnitte bis 17. Juli 1872	15,0	4 670	311
	{ " 2. " " 14. Sept. "	8,4	5 635	671
	{ " 3. " " 8. Jan. 1873	1,2	1 974	1645
	{ " 4. " " 5. Juni "	18,2	8 496	467
Klee in 34 cm hohen Gefäßen:				
346.	{ im 1. Schnitte bis 17. Juli 1872	26,2	9 151	349
	{ " 2. " " 14. Sept. "	23,6	18 008	763
	{ " 3. " " 8. Jan. 1873		18 431	264
	{ " 4. " " 5. Juni "	69,8		
347.	{ im 1. Schnitte bis 17. Juli 1872	14,3	5 740	401
	{ " 2. " " 14. Sept. "	14,3	9 323	652
	{ " 3. " " 8. Jan. 1873	2,5	2 134	854
	{ " 4. " " 5. Juni "	50,8	15 362	302
Klee in 65 cm hohen Gefäßen:				
348.	{ im 1. Schnitte bis 17. Juli 1872	30,0	8 792	293
	{ " 2. " " 14. Sept. "	25,8	11 325	439
	{ " 3. " " 8. Jan. 1873	10,2	4 605	451
	{ " 4. " " 5. Juni "	111,5	28 509	256
349.	{ im 1. Schnitte bis 17. Juli 1872	21,0	8 766	417
	{ " 2. " " 14. Sept. "	21,2	11 583	546
	{ " 3. " " 8. Jan. 1873	5,2	3 375	649
	{ " 4. " " 5. Juni "	98,4	28 054	285
Klee in großen Gefäßen (96 cm hoch):				
350.	{ im 1. Schnitte bis 17. Juli 1872	26,2	9 358	357
	{ " 2. " " 14. Sept. "	52,5	35 714	680
	{ " 3. " " 8. Jan. 1873		40 951	243
	{ " 4. " " 5. Juni "	168,2		
351.	{ im 1. Schnitte bis 17. Juli 1872	25,0	10 246	410
	{ " 2. " " 14. Sept. "	17,4	10 042	577
	{ " 3. " " 8. Jan. 1873	11,0	6 198	563
	{ " 4. " " 5. Juni "	157,0	41 287	263

Diese wenigen Beispiele werden genügen, um zu zeigen, daß jeder Mangel an irgend einem Fruchtbarkeitsfaktor, sei dieser Stoff oder Kraft, in dem Maße den relativen Wasserverbrauch der Pflanzen erhöht, als er die Produktion herabdrückt oder die Vegetationszeit verlängert, und sie werden genügen, um auch eine Idee davon zu geben, wie weit ein solcher Einfluß die relative Transpirationsgröße zu verändern vermag.

Eine Ausnahme von dieser Regel, und zwar die einzige, wird voraussichtlich der Mangel an Wasser bilden.

Wir haben schon wiederholt Gelegenheit genommen, darauf hinzuweisen, daß eine Pflanze, wenn sie gezwungen ist, konstant bei niedriger Bodenfeuchtigkeit zu vegetieren, sich diesen Verhältnissen gewissermaßen anpaßt, indem sie ihre Organe möglichst gedrängt anlegt und dadurch die verdunstende Oberfläche auf das angänglich geringste Maß einschränkt. In einem späteren Kapitel werden wir dies durch direkte Messungen noch näher zu beweisen suchen. Außerdem aber ist voranzusetzen, daß in dem Maße, wie durch mangelnde Bodenfeuchtigkeit der Wasserersatz für die Pflanze erschwert und verzögert wird, der Zellsaft sich verdickt und weniger geneigt ist, Wasser durch Verdunstung abzugeben. Beide Faktoren können nicht ohne Einfluß auf die Transpiration der Gewächse bleiben, aber als Resultat dieser Einwirkung wird man nicht, wie in den vorhergehenden Fällen, eine abnorme Erhöhung der relativen Verdunstungsgröße, sondern umgekehrt eine Verminderung derselben erwarten müssen.

Und in der That findet eine solche in erheblichem Grade statt, wie die nachstehenden Beispiele zeigen.

In dem dritten Kapitel des vierten Abschnittes hatten wir über eine Anzahl von Versuchsreihen berichtet, welche den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Produktion klar stellen sollten. Ergänzen wir jetzt die dazu gehörigen Verdunstungszahlen, so können uns dieselben sehr wohl auch für den vorliegenden Zweck dienen und wir erhalten dann folgende Resultate.

Im Jahre 1869 vegetierten Gerstpflanzen in zwölf Gefäßen (Nro. 552 bis 563)*) mit konstant verschieden hohem Grade von Bodenfeuchtigkeit.

*) Cfr. S. 561 ff.

Zur Bestimmung der Wassermengen, welche der Verdunstung des Bodens allein angehörten, wurden gleichzeitig acht brach liegende Gefäße, von denen die eine Hälfte mit reinem Sande gefüllt war, die andere aber denselben Nährstoffzusatz erhalten hatte, wie die mit Pflanzen bestandenen Nummern, während der ganzen Vegetationszeit regelmäfsig mit begossen.

Die letzteren lieferten folgende Zahlen:

Nro.		erhielt konstante Bodenfeuchtigkeit in Proz. der wasser- fassenden Kraft des Sandes	verdunstete während der Vegetationszeit Gramm Wasser	
			in Sa.	im Mittel
652	ohne Salzzusatz	80	3529	} 3454
655	mit „	80	3379	
653	ohne „	60	3390	} 3077
656	mit „	60	2763	
654	ohne „	40	3093	} 2992
657	mit „	40	2891	
672	ohne „	20	1331	} 1211
673	mit „	20	1090	

Und darnach betrug die Transpiration der Pflanzen:

Nro.	erhielt konstante Bodenfeuchtigkeit in Proz. der wasser- fassenden Kraft des Sandes	produzierte oberirdische Trocken- substanz	g	verdunstete in Sa. Wasser	g	davon gehörten an		für je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurden verbraucht Gramm Wasser	im Mittel
						der Boden- verdunstung	der Transpiration der Pflanzen		
552.	80	24,741	11 020	3454	7566	306	}	298	}
553.	80	25,889	11 271	3454	7817	303			
554.	80	22,799	9 919	3454	6465	284			
555.	60	26,585	10 927	3077	7850	295	}	281	}
556.	60	26,734	11 121	3077	8044	301			
557.	60	22,775	8 723	3077	5646	248			
558.	40	23,923	9 260	2992	6268	262	}	258	}
559.	40	24,853	9 443	2992	6451	260			
560.	40	23,047	8 794	2992	5802	252			
561.	20	17,288	5 604	1211	4393	255	}	254	}
562.	20	17,987	6 179	1211	4968	277			
563.	20	18,600	5 465	1211	4254	229			

Wasser.

Im darauf folgenden Jahre 1870 ergab die korrespondierende ganz ähnliche Versuchsreihe*) folgende Resultate.

Von den brach liegenden Gefäßen

Nro.		erhielt konstante Bodenfeuchtigkeit in Proz. der wasser- fassenden Kraft des Sandes	verdunstete Gramm Wasser		
			innerhalb 79 Tagen in Sa.	d. i. durch- schnittlich pro Tag	im Mittel pro Tag
658	ohne Nährstoffzusatz	80	3364	43	} 39
663	mit „	80	2800	35	
659	ohne „	60	3490	44	} 39
664	mit „	60	2733	34	
660	ohne „	40	3256	41	} 38
665	mit „	40	2768	35	
661	ohne „	30	2840	36	} 36
666	mit „	30	2840	36	
662	ohne „	20	2721	34	} 34
667	mit „	20	2679	34	
674	ohne „	10	2108	27	} 25,5
675	mit „	10	1896	24	
676	ohne „	5	1093	14	} 14
677	mit „	5	1109	14	

Und mit Zugrundelegung dieser Zahlen für die Bodenverdunstung berechnet sich die Transpiration der Pflanzen wie folgt:

*) Cfr. Seite 626 ff.

Nro.	erhielt konstante Bodenfeuchtigkeit in Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes	vegetierte in Sa. Tage	produzierte oberirdische Trockensubstanz	verdunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		für je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurde verbraucht Wasser
					der Boden-Verdunstung	der Transpiration der Pflanzen	
			g	g	g	g	g
564.	80	81	19,693	8605	3159	5446	277
565.	60	82	22,763	8672	3198	5474	240
566.	40	82	21,760	7805	3116	4689	216
567.	30	82	19,765	7357	2952	4405	223
568.	20	82	14,620	5241	2788	2453	168
569.	10	83	3,009	2658	2116	542	180
570.	5	83	0,123	1277	1162	115	?

(Bei Nro. 570 würde sich für die relative Verdunstungsgröße der Pflanzen eine durchaus unwahrscheinliche Zahl ergeben und setzten wir deshalb statt dieser in der letzten Kolonne ein Fragezeichen. Man wird sich hierüber nicht wundern, wenn man bedenkt, daß sich hier die oben gerügten Fehler der Methode sämtlich auf die minimale Produktion von 0,123 g Trockensubstanz häufen.)

In der entsprechenden Versuchsreihe aus dem Jahre 1871*) endlich, in welcher die Bodenverdunstung durch aufgekittete Schutzdeckel vollständig ausgeschlossen war, stellte sich die Transpiration der Pflanzen folgendermaßen:

Nro.	erhielt Bodenfeuchtigkeit in Proz. d. wasserfassenden Kraft	produzierte **) vom 2. Juni bis 5. August oberirdische Trockensubstanz	verdunstete während dieser Zeit in Sa. Wasser	für je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurde verbraucht Wasser
		g	g	g
571.	80—40	38,92	11 178	287
572.	60—20	49,02	12 784	261
573.	25—15	31,28	7 475	239
574.	15— 5	8,09	1 548	192

Nun, wenn jede Ursache, welche auf das Wachstum der Pflanzen hemmend einwirkt, das Verhältnis zwischen Produktion und Transpiration, sei es nach rechts oder links, in so hohem Grade zu verändern vermag, wie es die gegebenen Beispiele zeigen, so erwächst daraus notwendig die Forderung, beim Suchen nach einer Mittelzahl für die relative Verdunstungsgröße der Gewächse streng und einzig nur solche Pflanzen zu verwenden, von denen sich beweisen läßt, daß sie durchaus normal vegetierten, und daß sie zu keiner Zeit an irgend einem der wesentlichen Fruchtbarkeitsfaktoren Mangel litten.

Glücklicherweise finden sich unter den uns zur Verfügung stehenden Beobachtungen in jedem Versuchsjahre wenigstens einige, bei denen sich diese Forderung erfüllen läßt.

Wählen wir also dieselben aus und beginnen wir mit der Pflanzengattung, die wir vorzugsweise für unsere Experimente benutzten, der

*) Siehe S. 569 ff.

**) Von dem Tage an, an welchem die Schutzdeckel auf die Bodenoberfläche aufgekittet wurden, bis zum Tage der Ernte.

G e r s t e.

Wir finden:

a. Aus den drei Jahren 1871 bis 1873.

Im Jahre 1873:

Bodenmaterial: Gartenerde.

Bodenfeuchtigkeit: von 70 zu 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens schwankend.

Verdunstung des Bodens durch aufgekittete Schutzdeckel ausgeschlossen.

Nro.)*	Inhalt der Gefäße an trockenem Boden	Versuchsdauer		produz. oberird. Trocken- substanz	transpi- rierte in Sa. Wasser	für je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurde ver- braucht Wasser
	g	vom	bis	g	g	g
352.	3 164	5. Mai	bis 17. Juli	12,528	3 974	317
353.	3 313	5. "	" 21. "	12,940	4 815	372
354.	6 176	5. "	" 25. "	27,981	9 446	338
355.	5 847	5. "	" 25. "	27,535	9 737	354
356.	13 122	5. "	" 11. August	54,801	18 497	338
357.	13 204	5. "	" 11. "	57,288	20 639	360

d. i. im Mittel der 6 Versuche 347

Im Jahre 1872:

Bodenmaterial: Gartenerde.

Bodenfeuchtigkeit: von 60 zu 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens schwankend.

Verdunstung des Bodens durch aufgekittete Schutzdeckel ausgeschlossen.

*) Cfr. Seite 216 ff.

Nro. *)	Inhalt der Gefäße an trockenem Boden	Versuchsdauer		produz. oberird. Trocken- substanz	transpi- rierte in Sa. Wasser	für je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurde ver- braucht Wasser
		vom	bis			
	g			g	g	g
304.	3 100	5. Juni	bis 29. Juli	19,83	5 440	274
305.	3 100	5. "	" 29. "	17,93	4 883	272
316.	6 200	5. "	" 29. "	34,18	11 180	327
317.	6 200	5. "	" 29. "	34,09	11 369	334
318.	12 400	5. "	" 8. August	56,70	19 488	344
319.	12 400	5. "	" 12. "	60,40	21 460	355

d. i. im Mittel der 6 Versuche 318

Im Jahre 1871:

Bodenmaterial: Gartenerde.

Bodenfeuchtigkeit: von 60 zu 20 Proz. der wasserfassenden Kraft
des Bodens schwankend.

Verdunstung des Bodens durch aufge kittete Schutzdeckel aus-
geschlossen.

Nr. **)	Inhalt der Gefäße an trockenem Boden	Versuchsdauer		produz. oberird. Trocken- substanz	transpi- rierte in Sa. Wasser	für je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurde ver- braucht Wasser
		vom	bis			
	g			g	g	g
572.	13 419	2. Juni	bis 5. August	49,02	12 784	261
575.	13 260	2. "	" 9. "	45,90	13 322	290
576.	12 885	2. "	" 2. "	49,76	13 456	270
577.	13 402	2. "	" 18. "	45,23	14 188	314
578.	13 410	2. "	" 8. "	47,21	13 604	267
678.	13 360	2. "	" 16. "	41,00	12 819	313

d. i. im Mittel der 6 Versuche 286

b. Aus den drei Jahren 1868 bis 1870.

Im Jahre 1870:

Bodenmaterial: 4 kg Quarzsand mit verschiedenen aber für die
Lebensbedürfnisse der Gerste in jeder Beziehung genügenden Nähr-
stofflösungen versehen.

*) Vgl. Seite 204.

**) Vgl. Seite 571 ff.

Bodenfeuchtigkeit: durch tägliches Begießen konstant möglichst nahe an 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes erhalten.

Die Wasserverdunstung aus dem Boden allein wurde auf Grund der Beobachtung zweier brach liegender Gefäße, Nro. 659 und 664 (s. S. 626), auf 39 g durchschnittlich pro Tag gefunden.

Hiernach berechnete sich die Transpiration der Pflanzen wie folgt:

Nro.	vegetierte in Sa. Tage	produz. oberird. Trocken- substanz g	ver- dunstete in Sa. Wasser g	davon gehörten an		auf je 1 g oberirdische Trockensubst. wurde ver- braucht Wasser g
				der Verdunstung des Bodens g	der Transpiration der Pflanzen g	
741.	83	23,443	9042	3237	5805	248
742.	74	22,299	8664	2886	5778	259
743.	83	22,875	9536	3237	6299	275
744.	74	23,752	8859	2886	5973	252
745.	83	22,009	9291	3237	6054	275
746.	74	21,676	8277	2886	5391	249
747.	83	18,831	8522	3237	5285	281
748.	74	18,244	8445	2886	5559	305
749.	83	22,583	8871	3237	5634	249
750.	83	19,863	8514	3237	5277	266
751.	83	18,700	7690	3237	4453	238
752.	83	17,617	7519	3237	4282	243
753.	82	17,337	8102	3198	4904	283

d. i. im Mittel der 13 Versuche 263

Im Jahre 1869:

Bodenmaterial: 4 kg Quarzsand mit verschiedenen aber ausreichenden Nährstofflösungen getränkt.

Bodenfeuchtigkeit: während der ganzen Vegetationszeit von 60 bis zu 20 Proz. schwankend, im Mittel 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

Die Pflanzen vegetierten sämtlich 82 Tage.

Die Menge des vom Boden allein verdunsteten Wassers wurde bei zwei brach liegenden Gefäßen, Nro. 654 und 657 (s. S. 636), während derselben 82 Tage durchschnittlich zu in Sa. 2992 g gefunden.

Nro.	produz. oberird. Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	Wasser.		auf je 1 g oberirdische Trockensubstanz wurde ver- braucht Wasser
			davon gehörten an		
			der Verdunstung des Bodens	der Transpiration der Pflanzen	
	g	g	g	g	g
754.	25,504	10 443	2992	7451	292
755.	23,026	9 949	2992	6957	302
756.	18,288	9 309	2992	6317	345
757.	18,673	8 257	2992	5265	282
758.	21,700	9 580	2992	6588	304

d. i. im Mittel der 5 Versuche 305

Im Jahre 1868:

Bodenmaterial: 4 kg Quarzsand mit verschiedenen ausreichenden Nährstofflösungen versetzt.

Bodenfeuchtigkeit: während der Vegetationszeit von 80 bis zu 40 Proz. schwankend, im Mittel 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

Die Wasserverdunstung des Bodens wurde nach den Beobachtungen der zwei brach liegenden Gefäße Nro. 670 und 671 (s. S. 630) zu 40 g durchschnittlich pro Tag bestimmt.

Nro.	vege- tierte in Sa. Tage	produz. oberird. Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		auf je 1 g oberirdische Trockensubst. wurde ver- braucht Wasser
				der	der	
				Verdunstung des Bodens	Transpiration der Pflanzen	
	g	g	g	g	g	
759.	79	27,856	12 175	3160	9015	324
760.	86	23,711	11 855	3440	8415	355
761.	79	21,187	10 623	3160	7463	352
762.	79	20,865	11 398	3160	8238	395
763.	79	20,751	10 006	3160	6846	330
764.	86	20,325	10 832	3440	7392	364
765.	89	19,640	10 885	3560	7315	372
766.	79	19,525	10 370	3160	7210	369
767.	79	19,490	10 413	3160	7253	372
768.	79	19,482	10 199	3160	7039	361
769.	71	19,251	10 314	2840	7545	388
770.	79	18,984	8 525	3160	5365	283
771.	79	18,752	10 471	3160	7311	390
772.	79	18,621	8 970	3160	5810	312
773.	85	18,427	10 186	3400	6786	368
774.	79	18,289	10 104	3160	6944	380
775.	79	18,217	9 612	3160	6452	354
776.	79	18,219	10 386	3160	7226	397
777.	79	18,097	10 693	3160	7533	416
778.	86	18,080	9 784	3440	6344	351
779.	79	17,887	9 997	3160	6837	382
780.	79	17,348	9 841	3160	6681	385
781.	79	17,324	10 039	3160	6879	397
782.	79	17,331	9 777	3160	6617	381
783.	79	17,102	9 443	3160	6283	367

d. i. im Mittel der 25 Versuche 366

Die relative Verdunstungsgröße der Gerste stellte sich also:

a. In den drei Jahren 1871 bis 1873, in welchen die Fehler, welche der Elimination der Bodenverdunstung durch Rechnung anhaften, vermieden waren, auf:

Im Jahre 1873	durchschnittlich	347
„ „ 1872	„	318
„ „ 1871	„	286

d. i. im Mittel der drei Jahre 317

b. In den drei Jahren 1868 bis 1870, in welchen dies nicht der Fall war, auf:

Im Jahre 1870	durchschnittlich	. . . . .	263
„ „	1869	„	305
„ „	1868	„	366

d. i. im Mittel der drei Jahre 311

und im Mittel aller sechs Jahre auf rund 310

Da diese sechs Jahre vom meteorologischen Standpunkte aus sämtlich als normale anzusprechen sind, so glauben wir, daß die von uns gefundene Mittelzahl durch eine längere Beobachtungsdauer nicht bedeutend verschoben werden würde, und hoffen, daß nichts Stichhaltiges dagegen einzuwenden ist, wenn wir schliesen:

Unter den klimatischen Verhältnissen von Dahme verbrauchen kräftig und normal vegetierende Gerstpflanzen für jedes Gramm oberirdischer Trockensubstanz, welches sie produzieren, durchschnittlich 310 g Wasser zur Transpiration.

Von den anderen Pflanzengattungen stehen uns nicht ebenso umfangreiche Beobachtungen zu Gebote, wie von der Gerste, aber wir besitzen doch von mehreren derselben einige Versuche, die dadurch brauchbar erscheinen, daß sie mit den Gerstversuchen gleichzeitig und unter genau denselben Bedingungen ausgeführt wurden, mithin auch mit jenen streng vergleichbar sind.

Dies veranlaßt uns, auch über diese noch kurz zu berichten.

Man fand bei

H a f e r

im Jahre 1867:

Bodenmaterial: 4 kg gereinigter Quarzsand mit verschiedenen Nährstofflösungen versetzt.

Bodenfeuchtigkeit: während der ganzen Vegetationszeit von 60 zu 20 Proz. der wasserfassenden Kraft schwankend, im Mittel 40 Proz. der letzteren.

Zur Bestimmung der Wasserverdunstung aus dem Boden allein waren in diesem Jahre keine Vorrichtungen getroffen, aber drei

Gefäße, die zwar mit besät waren, in denen aber wegen durchaus ungünstiger Nährstoffverhältnisse die Pflanzen nicht über das Keimleben hinausgelangten und ohne zu produzieren früh zu Grunde gingen, können statt der mangelnden gänzlich brach gelassenen Nummern zur Ermittlung derselben dienen. Dieselben wurden bis zum Schlusse des Versuches regelmäfsig wie die vegetierenden Nummern mit begossen und verdunsteten innerhalb 98 Tagen :

Nro. 679	in Sa. 3460 g
„ 680	„ „ 3250 „
„ 681	„ „ 3342 „

d. i. im Mittel 3351 g

oder durchschnittlich pro Tag 34 g Wasser.

Mit Zugrundelegung dieser Verdunstungsgröfse für den Boden stellt sich die Transpiration der Haferpflanzen wie folgt:

Nro.	vegetierte in Sa. Tage	produz. oberird. Trocken- substanz g	ver- dunstete in Sa. Wasser g	davon gehörten an		auf je 1 g oberirdische Trockensubst. wurde ver- braucht Wasser g
				der Verdunstung des Bodens g	der Transpiration der Pflanzen g	
784.	115	26,210	13 270	3910	9360	357
785.	97	25,549	12 250	3298	8952	350
786.	89	25,219	10 530	3026	7504	297
787.	112	25,033	11 260	3808	7452	297
788.	89	24,765	10 920	3026	7894	314
789.	117	23,966	12 070	3978	8092	337
790.	117	23,778	12 000	3978	8022	337
791.	91	23,654	11 200	3094	8106	342
792.	89	23,513	11 050	3026	8024	341
793.	84	23,441	8 620	2856	5764	245
794.	119	23,435	12 800	4046	8754	373
795.	84	23,066	9 790	2856	6934	301
796.	115	22,820	12 800	3910	8890	389
797.	84	22,895	10 130	2856	7274	317
798.	89	22,871	10 500	3026	7474	326
799.	89	22,300	10 860	3026	7834	351
800.	84	22,150	9 600	2856	6744	304
801.	115	22,081	11 800	3910	7890	357
802.	117	21,955	12 440	3978	8462	385
803.	84	21,750	9 770	2856	6914	317
804.	116	21,548	11 620	3944	7676	356
805.	117	20,855	11 790	3978	7812	374
806.	115	20,255	12 130	3910	8220	405
807.	89	20,151	10 440	3026	7414	367

d. i. im Mittel der 24 Versuche 339

Im Jahre 1868:

Bodenmaterial und Bodenfeuchtigkeit waren dieselben, wie bei den oben aus dem Jahre 1868 mitgetheilten Versuchen mit Gerste, und da Hafer und Gerste nicht nur gleichzeitig, sondern auch sonst unter genau gleichen Verhältnissen vegetierten, so wird man die dort ermittelte Wasserverdunstung aus dem Boden, d. h. 40 g durchschnittlich pro Tag*), auch hier als Grundlage annehmen dürfen.

Danach transpirierte der Hafer:

Nro.	vege- tierte in Sa. Tage	produz. oberird. Trocken- substanz g	ver- dunstete in Sa. Wasser g	davon gehörten an		auf je 1 g oberirdische Trockensubst. wurde ver- braucht Wasser g
				der Verdunstung des Bodens g	der Transpiration der Pflanzen g	
808.	97	26,653	15 474	3880	11 594	435
809.	91	25,966	15 446	3640	11 806	455
810.	91	23,994	14 994	3640	11 354	473
811.	85	23,852	13 795	3400	10 395	436
812.	85	23,426	14 467	3400	11 067	472
813.	85	23,012	13 927	3400	10 527	457
814.	85	22,695	13 187	3400	9 787	431
815.	85	22,508	13 805	3400	10 405	462
816.	85	22,405	14 213	3400	10 813	483
817.	85	22,331	13 828	3400	10 428	467
818.	85	22,136	13 258	3400	9 858	445
819.	97	21,842	14 661	3880	10 781	493
820.	85	21,538	13 366	3400	9 966	463
821.	91	20,948	13 369	3640	9 729	464
822.	85	20,829	13 475	3400	10 075	483
823.	85	20,478	13 867	3400	10 467	511

d. i. im Mittel der 16 Versuche 464

*) Siehe Seite 644.

S o m m e r w e i z e n .

Im Jahre 1867:

Bodenmaterial: 4 kg gereinigter Sand mit verschiedenen Nährstoffmischungen.

Bodenfeuchtigkeit: von 60 zu 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwankend.

Die Wasserverdunstung des Bodens wurde durch die Beobachtung von vier Gefäßen, deren Pflänzchen nach dem Keimleben ohne zu produzieren frühzeitig zu Grunde gingen, wie folgt gefunden:

Innerhalb 100 Tagen verdunstete

Nro. 682	. . . . .	in Sa.	3025	g
„ 683	. . . . .	„ „	3200	„
„ 684	. . . . .	„ „	3188	„
„ 685	. . . . .	„ „	3096	„

d. i. im Mittel 3127 g

oder durchschnittlich pro Tag 31 g Wasser.

(Dafs sich hier die Verdunstung aus dem Boden niedriger stellt, als bei den in demselben Jahre ausgeführten Versuchen mit Hafer, erklärt sich leicht daraus, dafs der Weizen ungefähr vier Wochen früher gesäet wurde als der Hafer, und dafs damit seine Vegetationszeit zum Teil noch in die kalte und nasse Jahresperiode fiel.)

Man fand:

Nro.	vege- tierte in Sa. Tage	produz. oberird. Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		auf je 1 g oberirdische Trockensubst. wurde ver- braucht Wasser
				der Verdunstung des Bodens	der Transpiration der Pflanzen	
		g	g	g	g	g
824.	105	32,070	12 330	3255	9 075	252
825.	116	31,695	12 960	3596	9 364	295
826.	116	30,742	12 725	3596	9 129	296
827.	105	30,240	12 805	3255	9 550	315
828.	105	29,735	13 280	3255	10 025	337
829.	105	29,637	12 375	3255	9 120	308
830.	105	29,506	13 465	3255	10 210	346
831.	105	29,313	12 540	3255	9 385	320
832.	105	29,020	12 235	3255	8 980	309
833.	116	28,835	13 475	3596	9 879	342
834.	105	28,863	12 630	3255	9 375	325
835.	105	28,720	12 830	3255	9 575	333
836.	105	28,541	11 025	3255	7 770	272
837.	105	28,292	13 145	3255	9 890	349
838.	105	27,940	13 295	3255	10 040	359
839.	105	27,976	10 645	3255	7 390	264
840.	105	27,846	11 180	3255	7 925	284
841.	105	27,267	13 105	3255	9 850	361
842.	116	27,040	13 815	3596	10 219	378
843.	105	26,757	12 220	3255	8 965	335
844.	105	26,165	13 645	3255	10 490	401
845.	116	26,043	13 485	3596	9 889	379
846.	105	26,045	10 885	3255	7 630	292
847.	105	25,663	13 080	3255	9 825	353
848.	105	25,328	12 465	3255	9 210	364
849.	105	25,198	11 945	3255	8 790	349

d. i. im Mittel der 26 Versuche 328

Im Jahre 1868:

Bodenmaterial: 4 kg gereinigter Quarzsand, mit verschiedenen Nährstofflösungen getränkt.

Bodenfeuchtigkeit: während der Vegetationszeit von 80 zu 40 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwankend, im Mittel 60 Proz. der letzteren.

Die Wasserverdunstung aus dem Boden wurde mit Hilfe zweier brach liegenden Gefäße direkt ermittelt und zwar verdunsteten dieselben innerhalb 110 Tagen:

Nro. 686, mit reinem Sande beschickt in Sa. 4409 g
 „ 687, unter Zusatz der Nährstoffmischung, welche
 die mit Pflanzen bestandenen Gefäße er-
 hielten in Sa. 3838 „

d. i. im Mittel während 110 Tagen 4123 g
 und durchschnittlich pro Tag 37 g Wasser.

Mit Annahme dieser Zahl berechnet sich die Transpiration der Weizenpflanzen:

Nro.	vege- tierte in Sa. Tage	produz. oberird. Trocken- substanz g	ver- dunstete in Sa. Wasser g	davon gehörten an		auf je 1 g oberirdische Trockensubst. wurde ver- braucht Wasser g
				der Verdunstung des Bodens g	der Transpiration der Pflanzen g	
850.	105	35,585	17 044	3885	13 159	369
851.	105	31,079	15 855	3885	11 970	385
852.	105	30,552	18 319	3885	12 534	410
853.	106	30,135	14 527	3922	10 595	352
854.	106	30,068	15 392	3922	11 470	381
855.	105	29,897	14 868	3885	10 983	367
856.	105	29,666	15 054	3885	11 166	376
857.	105	29,134	15 054	3885	11 169	383
858.	87	28,218	14 485	3219	11 266	399
859.	104	27,297	15 246	3848	11 398	418
860.	88	26,940	13 959	3256	10 703	397
861.	97	26,626	14 810	3589	11 221	421
862.	91	26,500	13 366	3367	9 999	377
863.	105	25,647	12 734	3885	8 849	345
864.	111	25,493	16 146	4107	12 039	472

d. i. im Mittel der 15 Versuche 390

S o m m e r r o g g e n .

Im Jahre 1867:

Der Sommerroggen vegetierte mit dem Sommerweizen gleich-
 zeitig; Bodenmaterial und Bodenfeuchtigkeit wie alle übrigen Ver-
 suchsbedingungen waren bei beiden Früchten genau dieselben; es ist
 mithin auch die Wasserverdunstung aus dem Boden hier wie dort zu
 31 g durchschnittlich pro Tag anzunehmen.

Nro.	vege- tierte in Sa. Tage	produz. oberird. Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		auf je 1 g oberirdische Trockensubst. wurde ver- braucht Wasser
				der Verdunstung des Bodens	der Transpiration der Pflanzen	
		g	g	g	g	g
865.	110	27,885	11 830	3410	8420	302
866.	105	24,183	10 840	3255	7585	314
867.	105	24,032	10 195	3255	6940	289
868.	105	23,615	9 390	3255	6135	260
869.	105	23,464	10 630	3255	7375	314
870.	110	23,227	11 170	3410	7760	334
871.	105	23,024	10 395	3255	7140	310
872.	105	22,990	9 985	3255	6730	293
873.	105	22,693	10 715	3255	7460	329
874.	114	22,850	11 405	3534	7871	344
875.	105	22,825	10 945	3255	7690	337
876.	110	22,549	10 965	3410	7555	335
877.	105	22,391	11 070	3255	7815	349
878.	110	22,314	10 355	3410	6925	310
879.	105	22,315	10 230	3255	6975	313
880.	110	22,062	10 100	3410	6690	303
881.	105	22,098	9 750	3255	6495	294
882.	105	22,041	9 280	3255	6025	273
883.	105	21,536	9 655	3255	6400	297
884.	108	21,255	10 260	3348	6912	325
885.	105	21,505	10 205	3255	6950	323
886.	105	20,905	10 510	3255	7255	347
887.	105	20,944	10 480	3255	7225	345
888.	105	20,475	8 650	3255	5395	264
889.	105	20,315	10 150	3255	6895	340
890.	105	20,123	10 400	3255	7145	355

d. i. im Mittel der 26 Versuche 315

Im Jahre 1868:

Alle Versuchsbedingungen waren dieselben wie bei den in 1868 ausgeführten Experimenten mit Sommerweizen (s. oben); die durchschnittliche Wasserverdunstung aus dem Boden betrug 37 g pro Tag.

Nro.	vegetierte in Sa. Tage	produz. oberird. Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		auf je 1 g oberirdische Trockensubst. wurde ver- braucht Wasser
				der Verdunstung des Bodens	der Transpiration der Pflanzen	
		g	g	g	g	g
891.	92	28,396	13 593	3404	10 189	359
892.	92	24,560	14 289	3404	10 885	443
893.	98	24,098	15 167	3626	11 541	479
894.	91	23,333	12 552	3367	9 185	394
895.	89	22,988	13 825	3293	10 532	458
896.	91	22,773	12 607	3367	9 240	406
897.	91	22,350	13 082	3367	9 715	435
898.	89	22,305	13 214	3293	9 921	445
899.	91	22,168	12 760	3367	9 393	424
900.	92	22,141	13 756	3404	10 352	468
901.	99	21,603	13 575	3663	9 912	459
902.	89	21,545	13 805	3293	10 512	488
903.	99	21,328	12 584	3663	8 921	418
904.	91	21,265	12 075	3367	8 708	409
905.	92	21,242	13 704	3404	10 300	485

d. i. im Mittel der 15 Versuche 438

P f e r d e b o h n e n .

Im Jahre 1871:

In drei mit Gartenboden gefüllten Kulturgefäßen, von denen jedes circa 12 kg Boden enthielt, vegetierte je eine Bohnenpflanze in sehr befriedigender Weise.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde stets von 60 zu 20 Proz. der wasserfassenden Kraft der Gartenerde schwankend erhalten.

Die Verdunstung von Wasser aus dem Boden war durch aufgekittete Schutzdeckel ausgeschlossen.

Die Beobachtungszeit dauerte vom 9. Mai, d. i. dem Tage, an welchem die Schutzdeckel aufgelegt wurden, bis zum 14. August, d. i. bis zum Zeitpunkte der vollen Reife und dem Tage der Ernte.

Das oberirdische Trockengewicht der jungen Pflänzchen am 9. Mai wurde durch Aberntung und Wägung einiger anderer gleich-

alteriger und gleichentwickelter Reservepflänzchen zu 0,54 g ermittelt.

Nach Abzug dieses Gewichtes ergab sich für die 97 Versuchstage folgendes:

Nro.	gefüllt mit trocknem Boden	produzierte oberirdische Trocken- substanz	verdunstete in Sa. Wasser	verbrauchte für je 1 g ober- irdische Trocken- substanz Wasser
	g	g	g	g
601.)*	12 269	73,09	19 153	262
688.	12 608	70,89	19 133	269
689.	11 968	89,37	22 433	251
d. i. im Mittel der 3 Versuche				261

Im Jahre 1872:

Bodenmaterial: Gartenerde.

Bodenfeuchtigkeit: von 60 zu 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens schwankend.

Verdunstung des Bodens durch Schutzdeckel verhindert.

Die Beobachtung begann mit dem Tage, an welchem die Schutzdeckel aufgeklippt wurden, und zwar den 5. Juni.

Die Versuche wurden genau parallel mit den im Jahre 1872 angestellten und S. 641 beschriebenen Experimenten mit Gerste ausgeführt.

Nro.**)	gefüllt mit trocknem Boden	produzierte vom	bis	ober- irdische Trocken- substanz	transpirierte während dieser Zeit Wasser	verbrauchte mithin für je 1 g oberirdische Trockensubstanz Wasser
	g			g	g	g
308.	3 100	5. Juni	15. Juli	29,04	6 283	216
309.	3 100	5. "	27. "	28,73	7 278	253
328.	6 200	5. "	15. "	43,72	11 066	253
329.	6 200	5. "	3. August	57,47	16 274	283
330.	12 400	5. "	15. Juli	53,70	14 337	267
331.	12 400	5. "	3. August	71,94	22 337	310
d. i. im Mittel der 6 Versuche						264

*) Vgl. Seite 588.

**) Vgl. Seite 205.

Lupinen (*Lupinus luteus*).

Im Jahre 1871:

Alle Bedingungen waren genau die gleichen, wie bei den unmittelbar vorhergehenden beiden Versuchsreihen mit Pferdebohnen.

Man fand:

Nro.*)	gefüllt mit trocknem Boden	produzierte oberirdische Trocken- substanz	verdunstete in Sa. Wasser	verbrauchte für je 1 g ober- irdische Trocken- substanz Wasser
	g	g	g	g
513.	12 617	37,62	12 170	324
514.	11 886	44,47	13 019	292
690.	12 038	31,79	10 796	340

d. i. im Mittel der 3 Versuche 319

Im Jahre 1872:

Nro.**)	gefüllt mit trocknem Boden	produzierte vom	bis	ober- irdische Trocken- substanz	transpirierte während dieser Zeit Wasser	verbrauchte mithin für je 1 g oberirdische Trockensubstanz Wasser
	g			g	g	g
312.	3 100	5. Juni	bis 29. Juli	11,80	5 249	445
313.	3 100	5. „	„ 26. August	15,04	6 665	443
340.	6 200	5. „	„ 29. Juli	30,31	11 899	393
341.	6 200	5. „	„ 14. August	33,80	13 728	406
342.	12 400	5. „	„ 29. Juli	26,24	11 495	433
343.	12 400	5. „	„ 12. August	27,45	11 810	430
344.	18 600	5. „	„ 29. Juli	38,03	16 205	426
345.	18 600	5. „	„ 12. August	38,83	16 772	432

d. i. im Mittel der 8 Versuche 427

*) Vgl. Seite 590.

**) Vgl. Seite 205 und 206.

E r b s e n.

I m J a h r e 1 8 7 2

vegetierten in acht Kulturgefäßen von verschiedener Größe auch Erbsen genau unter denselben Verhältnissen wie Bohnen und Lupinen.

Ihr Wasserverbrauch stellte sich wie folgt:

Nro.*)	gefüllt	produzierte		ober-	transpirierte	verbrauchte
	mit	vom	bis	irdische	während	mithin für je 1 g
	trocknem			Trocken-	dieser Zeit	oberirdische
	Boden			substanz	Wasser	Trockensubstanz
	g			g	g	Wasser
306.	3 100	5. Juni	bis 15. Juli	28,54	6 004	210
307.	3 100	5. "	" 24. "	28,89	6 757	234
322.	6 200	5. "	" 15. "	45,91	10 415	222
323.	6 200	5. "	" 24. "	45,96	9 567	208
324.	12 400	5. "	" 15. "	65,34	16 040	246
325.	12 400	5. "	" 24. "	64,51	15 180	235
326.	18 600	5. "	" 15. "	79,40	18 918	238
327.	18 600	5. "	" 24. "	81,43	20 540	252

d. i. im Mittel der 8 Versuche 231

I m J a h r e 1 8 7 3

wurde die Transpiration normal vegetierender Erbsenpflanzen gelegentlich an den zwei Versuchsnummern 485 und 486 mit beobachtet, deren eigentliche Bestimmung es war, bei einem Experimente über den Einfluß des Lichtmangels als Basis zu dienen. Die beiden Nummern sind schon früher zweimal**) besprochen und die Verhältnisse, unter denen sie vegetierten, dort näher beschrieben.

Wir wiederholen betreffs ihres Wasserverbrauchs kurz:

*) Vgl. Seite 204.

**) Vgl. Seite 394 und Seite 633.

Nro.	gefüllt mit trocknem Boden	produzierte oberirdische Trocken- substanz	transpirierte in Sa. Wasser	verbrauchte für je 1 g oberirdische Trockensubstanz Wasser
	g	g	g	g
485.	5847	38,359	13 166	343
486.	6517	37,093	13 519	364
d. i. im Mittel der 2 Versuche				353

K l e e (*Trifolium pratense*).

Auf S. 194 ff. haben wir die Bedingungen ausführlich mitgeteilt, unter denen wir in verschiedenen großen Gefäßen Rotklee drei Jahre lang kultivierten und jedes Jahr mehrere Schnitte von demselben entnahmen.

Weiter gaben wir auf S. 634 ff. die Mengen des von den Kleepflanzen während ihrer Vegetationszeit transpirierten Wassers und zeigten dabei, daß die relative Transpirationsgröße des Klees in den verschiedenen Schnitten eine sehr ungleiche, daß sie von der Jahreszeit, in welcher der betreffende Schnitt produziert wurde, in hohem Grade abhängig sei.

Ein Blick auf diese Zahlen lehrt, daß man sich, wenn man hier den Klee mit den anderen Pflanzenarten vergleichen will, immer auf den ersten Schnitt als den am lebhaftesten und unter den günstigsten Verhältnissen wachsenden beschränken muß.

Thun wir dies, so finden wir:

Im Jahre 1872, dem ersten Lebensjahr des Klees:

Nro.	gefüllt mit trocknem Boden	produzierte im ersten Schnitte Trocken- substanz	transpirierte in Sa. Wasser	verbrauchte mithin für je 1 g produzierte Trockensubstanz Wasser
	g	g	g	g
314.	3 005	12,3	4 635	362
315.	3 005	15,0	4 670	311
346.	6 010	26,2	9 151	349
347.	6 010	14,3	5 740	401
348.	12 020	30,0	8 792	293
349.	12 020	21,0	8 766	417
350.	18 030	26,2	9 358	357
351.	18 030	25,0	10 246	410

d. i. im Mittel der 8 Versuche 363

Im Jahre 1873, dem zweiten Lebensjahre des Klees:

Nro.	gefüllt mit trocknem Boden g	produzierte im ersten Schnitte Trocken- substanz g	transpirierte in Sa. Wasser g	verbrauchte mithin für je 1 g produzierte Trockensubstanz Wasser g
314.	3 005	26,6	7 763	292
315.	3 005	18,2	8 496	467
346.	6 010	69,8	18 431	264
347.	6 010	50,8	15 362	302
348.	12 020	111,5	28 509	256
349.	12 020	98,4	28 054	285
350.	18 030	168,2	40 951	243
351.	18 030	157,0	41 287	263

d. i. im Mittel der 8 Versuche 297

Buchweizen.

Im Jahre 1872

waren acht Gefäße mit Buchweizen besät und vegetierten genau unter den gleichen Verhältnissen wie die parallelen Versuchsreihen, welche in diesem Jahre mit Gerste, Pferdebohnen, Lupinen und Erbsen angestellt waren. Wir verweisen deshalb betreffs der spezielleren Versuchsbedingungen auf jene zurück und bitten auch die auf S. 593 ff. gegebenen Notizen zu vergleichen.

Die Vegetation der Pflanzen war im allgemeinen eine befriedigende. Nur in dem Gefäße Nro. 337 erkrankte die eine der Pflanzen und gelangte nicht zur Fruchtbildung. Wir lassen deshalb diese Nummer hier außer Berücksichtigung.

In den übrigen sieben Gefäßen wurde die Transpiration des Buchweizens wie folgt gefunden:

Nro.	gefüllt mit trocknem Boden	produzierte		ober- irdische Trocken- substanz	transpirierte während dieser Zeit Wasser	verbrauchte mithin für je 1 g produzierte Trockensubstanz Wasser
		vom	bis			
	g			g	g	g
310.	3 100	5. Juni	bis 26. Juli	19,93	7 301	366
311.	3 100	5. "	" 26. August	24,76	8 736	353
334.	6 200	5. "	" 26. Juli	32,68	12 011	368
335.	6 200	5. "	" 26. August	38,44	15 029	391
336.	12 400	5. "	" 15. "	50,70	18 692	369
338.	18 600	5. "	" 20. Septbr.	73,33	27 862	380
339.	18 600	5. "	" 14. "	98,56	36 210	367

d. i. im Mittel der 7 Versuche 371

S o m m e r r ü b s e n .

Im Jahre 1872

waren einige vorläufige Versuche das Bedürfnis der Sommerrübsenpflanze an Stickstoffnahrung betreffend in Gang gesetzt worden, über welche weiter unten noch einiges Nähere gesagt werden soll.

Als Bodenmaterial wurden hierzu je 4 kg Quarzsand mit verschiedenen Nährstoffmischungen benutzt.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde während der Vegetationszeit immer von 70 zu 30 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwankend erhalten.

Eine besondere Vorrichtung zum Ausschluß der Wasserverdunstung aus dem Boden war hier nicht getroffen worden, aber die Beobachtung eines Gefäßes, Nro. 691, in welchem die Pflanzen unmittelbar nach dem Aufgehen zu Grunde gingen, welches aber trotzdem regelmäßig mit weiter begossen wurde und innerhalb 64 Tagen 2560 g Wasser verdunstete, erlaubt dieselbe zu 40 g durchschnittlich pro Tag anzunehmen.

Mit dieser Annahme aber berechnet sich die Transpiration des Sommerrübsens wie folgt:

Nro.	vege- tierte Tage	produz. oberird. Trocken- substanz	ver- dunstete in Sa. Wasser	davon gehörten an		für je 1 g oberirdische Trockensubst. wurden ver- braucht Wasser
				der Verdunstung des Bodens	der Transpiration der Pflanzen	
		g	g	g	g	g
906.	64	25,963	10 737	2560	8177	315
907.	64	17,975	8 779	2560	6219	346
908.	64	18,320	8 958	2560	6398	349

d. i. im Mittel der 3 Versuche 337

Die hier mitgetheilten Versuche über die Transpirationsgröße aller übrigen Pflanzenarten, mit Ausnahme der Gerste, umfassen immer nur zwei Jahre, teilweise sogar nur ein Jahr, und sind mithin zur Ableitung von Mittelzahlen ohne weiteres nicht ausreichend; aber sie sind durchweg so angestellt, daß sie den Versuchsreihen, welche in den betreffenden Jahren mit der Gerste ausgeführt wurden, genau parallel liefen, und können deshalb, wenn man sie mit den entsprechenden Gerstenversuchen vergleicht, immerhin dazu dienen, zunächst das Verhältnis aufzusuchen, in welchem die Transpirationsenergie der verschiedenen Kulturpflanzen unter sich steht, und daraus weiter wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Verdunstungsmittelzahl zu schließen, welche jeder einzelnen Pflanzenart zukommt.

Bevor wir aber darauf eingehen, einen solchen Vergleich speziell durchzuführen, müssen wir noch die Mitteilung der Zahlen nachholen, welche uns die Beobachtungen über die Transpiration der Gerste im Jahre 1867 lieferten.

Zur Feststellung der Mittelzahl hatten wir dieselben oben nicht mit benutzt, weil in diesem Jahre die Wasserverdunstung aus dem Boden nur aus den Beobachtungen einiger Nummern erschlossen werden konnte, in denen die Pflanzen kurz nach dem Keimleben zu Grunde gingen, und uns diese Grundlage für die Bestimmung einer absoluten Zahl für die Transpiration nicht genügend sicher erschien.

Für den vorliegenden Zweck glauben wir uns über diese Bedenken hinwegsetzen zu dürfen, weil die Versuchsreihen mit Sommer-

weizen, Sommerroggen, Hafer und Gerste, die hier verglichen werden sollen, sich unter absolut gleichen Vegetationsbedingungen befanden und mithin von eventuellen Fehlern der Methode auch ganz gleich betroffen wurden.

G e r s t e .

I m J a h r e 1 8 6 7 :

Bodenmaterial: 4 kg gereinigter Quarzsand mit Zusatz verschiedener Nährstofflösungen.

Bodenfeuchtigkeit: von 60 zu 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes schwankend.

Da im Jahre 1867 Gerste und Hafer zu gleicher Zeit und, wie gesagt, unter genau gleichen Verhältnissen vegetierten, so wird man die oben S. 647 aus den Nummern 679, 680 und 681 auf je 34 g durchschnittlich pro Tag für den Hafer ermittelte Wasserverdunstung aus dem Boden auch hier für die Versuchsreihe mit Gerste annehmen müssen, und darnach berechnet sich die Transpiration der letzteren wie folgt:

Nro.	vege- tierte Tage	produz. oberird. Trocken- substanz g	ver- dunstete in Sa. Wasser g	davon gehörten an		für je 1 g oberirdische Trockensubst. wurden ver- braucht Wasser g
				der Verdunstung des Bodens g	der Transpiration der Pflanzen g	
909.	75	19,586	7895	2550	5345	273
910.	75	19,268	7705	2550	5155	268
911.	75	18,964	7965	2550	5415	286
912.	75	18,067	7330	2550	4780	265
913.	75	17,716	7220	2550	4670	264
914.	75	17,137	7825	2550	5275	308
915.	75	16,999	7485	2550	4935	292
916.	75	16,927	7740	2550	5190	307
917.	75	16,905	8225	2550	5675	336
918.	75	16,783	7595	2550	5045	301
919.	75	16,745	7760	2550	5210	311
920.	75	16,525	7755	2550	5205	315
921.	75	16,160	7480	2550	4930	305

d. i. im Mittel der 13 Versuche 295

Suchen wir jetzt das Verhältnis, in welchem die Transpiration der verschiedenen von uns beobachteten Kulturpflanzen zu der der Gerste stand, so giebt uns folgende Tabelle bequemen Aufschluß:

Für je 1 g produzierte oberirdische Trocken-				d. i. die Transpiration	
substanz transpirierten durchschnittlich Wasser				der Gerste = 100 gesetzt	
im Jahre	die Gerste	die anderen Pflanzenarten			
	g	g			
Der Sommerweizen:					
1867.	295	:	328	=	100 : 111
1868.	366	:	390	=	100 : 107
				im Mittel	109
Der Sommerroggen:					
1867.	295	:	315	=	100 : 107
1868.	366	:	438	=	100 : 120
				im Mittel	114
Der Hafer:					
1867.	295	:	339	=	100 : 115
1868.	366	:	464	=	100 : 127
				im Mittel	121
Die Pferdebohnen:					
1871.	264	:	261	=	100 : 99
1872.	318	:	264	=	100 : 83
				im Mittel	91
Die Erbsen:					
1872.	318	:	231	=	100 : 73
1873.	347	:	353	=	100 : 102
				im Mittel	88
Der Rotklee:					
1872.	318	:	363	=	100 : 114
1873.	347	:	297	=	100 : 86
				im Mittel	100
Die gelbe Lupine:					
1871.	264	:	319	=	100 : 121
1872.	318	:	427	=	100 : 134
				im Mittel	127
Der Buchweizen:					
1872.	318	:	371	=	100 : 117
Der Sommerrüben:					
1872.	318	:	337	=	100 : 106

Und nimmt man die oben aus einer sechsjährigen Beobachtung für die relative Verdunstungsgröße der Gerste abgeleitete Mittelzahl **310** als gültig an, so würde sich auf Grund der vorstehenden Verhältnisse der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Gramm produzierte oberirdische Trockensubstanz unter den klimatischen Verhältnissen von Dahme für günstig und normal vegetierende Pflanzen mit einiger Wahrscheinlichkeit weiter wie folgt erschließen lassen:

Für Sommerweizen	100 : 109 = 310 : 338
„ Sommerroggen	100 : 114 = 310 : 353
„ Hafer	100 : 121 = 310 : 376
„ Pferdebohnen	100 : 91 = 310 : 282
„ Erbsen	100 : 88 = 310 : 273
„ Rotklee	100 : 100 = 310 : 310
„ Buchweizen	100 : 117 = 310 : 363
„ Sommerrübsen	100 : 106 = 310 : 329

Wir selbst wollen auf diese Zahlen durchaus nicht mehr Wert legen als sie verdienen; aber soviel wenigstens wird sich ohne weiteres aus ihnen abnehmen lassen,

zunächst daß der Grund, warum sich in der Praxis die eine Pflanzenart mehr für eine feuchte, die andere mehr für eine trockne Lage geeignet erwiesen hat, nicht in dem Verhältnisse der Transpiration zur Assimilation und Produktion derselben zu suchen ist;

sodann daß die relativen Verdunstungsgrößen unserer Kulturgewächse durchaus nicht so verschieden voneinander sind, wie man aus dem ungleichen äußeren Baue derselben zu vermuten leicht geneigt sein dürfte.

Endlich noch wird es erlaubt sein, aus den Zahlen zu schließen, daß die Leguminosen im Verhältnisse zu der von ihnen produzierten Trockensubstanz im allgemeinen etwas weniger Wasser transpirieren als die Gramineen.

Die einzige scheinbare Ausnahme, welche die gelbe Lupine macht, ermächtigt diesen Satz nicht umzustossen, ja bestätigt vielleicht die Regel noch; denn es ist kein Zweifel, daß die Transpirationsgröße der Lupine von uns fälschlich und nicht unansehnlich zu hoch ge-

funden wurde. Wir haben wiederholt erwähnt, daß es uns nie gelungen ist, in unseren Vegetationsgefäßen Lupinen zu einer völlig normalen und befriedigenden Entwicklung zu bringen, und haben ebenso andererseits gezeigt, daß jede Ursache, welche die Produktion einer Pflanze herabdrückt, den relativen Wasserverbrauch derselben abnorm erhöht. Berücksichtigt man dies nach Gebühr, so muß man es für im hohen Grade wahrscheinlich halten, daß die wahre Mittelzahl für die Transpiration der Lupine mitten unter denen der übrigen Leguminosen liegt.

Sechstes Kapitel.

Relative Feuchtigkeit der Luft in Dahme.

Ein besonderer Grund veranlaßt uns, hier zunächst noch einige wenige Beobachtungen über die relative Luftfeuchtigkeit einzuschieben, die wir neben unseren Vegetationsversuchen ausführten.

Die Abweichungen, welche die einzelnen von uns im vorigen Kapitel erwähnten Versuchsnummern unter sich in ihrer Verdunstungsenergie zeigten, und welche die durchschnittliche Verdunstung in den einzelnen Versuchsjahren ergab, sind bedeutend. Wenn wir es trotzdem wagten, aus einer Anzahl derselben eine Mittelzahl für die Verdunstungsgröße mehrerer landwirtschaftlichen Kulturgewächse abzuleiten, so fühlen wir die Verpflichtung, noch einige Worte zur Rechtfertigung hinzuzufügen.

Wir hatten selbst wiederholt betont, daß unsere Methode zur Beobachtung der Verdunstung bis zu einem gewissen Grade mangelhaft war, aber man würde Unrecht thun, wenn man den Grund der Abweichungen in den von uns benutzten Verdunstungszahlen lediglich oder auch nur zum größeren Teile in dieser gerügten Unvollkommenheit der Versuchsmethode suchen wollte.

Zunächst dürfte zu berücksichtigen sein, daß die in jedem

einzelnen Jahre zusammengestellten Versuche keine Kontrollversuche waren.

Gemeinschaftlich hatten sie nur: die äußere Aufstellung, so daß sie unter sich vollkommen gleich situiert waren, in Bezug auf die Einwirkung der Wärme, der Luftfeuchtigkeit und des direkten Sonnenlichtes; ferner die Bodenfeuchtigkeit, so daß allen der Wassercrsatz zu jeder Zeit gleich leicht war, und endlich die freie Disposition über eine reichliche und günstige Menge von Nährstoffen, welche ihnen die vorzügliche Vegetation ermöglichte, die sie in der That zeigten.

Im übrigen aber befanden sie sich unter sehr verschiedenen Verhältnissen. Es finden sich unter denselben solche, die ein großes und solche, die ein kleines Bodenvolumen zur Verfügung hatten; einzelne davon vegetierten in Gartenboden, andere in Quarzsand; die Nährstoffmischungen, welche in letzterem Falle dem Sande zugesetzt wurden, waren nicht bei zwei Versuchen absolut gleich, das eine Mal war ein etwas größerer Überschufs von Phosphorsäure, ein anderes Mal von Kali, ein drittes von Stickstoff gegeben worden, infolge davon differierte in den einzelnen Versuchen auch die Konzentration der Nährstofflösung.

Daß diese Differenzen auf das Verhältnis der Transpiration zur Produktion nicht ganz ohne Einfluß bleiben konnten, ist aus den im Vorstehenden gemachten Mitteilungen leicht ersichtlich, und ohne Mühe erklären sich daraus die größeren Abweichungen, welche die einzelnen zur Bestimmung einer Mittelzahl herangezogenen Versuche, bezüglich ihrer relativen Verdunstungsgröße in jedem Jahre zeigen.

Für unsere Zwecke wurden die Endresultate durch diese Schwankungen nicht minderwertig, denn wir beabsichtigten damit nicht die Verdunstungsgröße für einen bestimmten konkreten Fall zu finden, sondern wir suchten nichts als eine allgemeine empirische Mittelzahl für den Wasserverbrauch gut vegetierender Pflanzen unter den meteorologischen Durchschnittsverhältnissen eines gegebenen Ortes. Ja, da wir von vornherein beabsichtigten, hiermit die Erörterung der praktischen Frage zu verbinden, ob die durchschnittlich während einer Vegetationszeit fallende Regenmenge ausreiche, das Wasserbedürfnis der landwirtschaftlichen Kulturgewächse zu decken*), so

*) Siehe unten Kapitel acht dieses Abschnitts.

glaubten wir sogar eine richtigere Grundlage zu gewinnen, wenn wir zur Bestimmung der mittleren Verdunstungsgröße eine weitere Anzahl von Versuchen heranzogen, die in Bezug auf die äußeren Verdunstungsursachen und den Wasserersatz gleich, in Bezug auf Boden und Nährstoffe aber innerhalb mäßiger Grenzen, wechselnd angelegt waren, als wenn wir dazu eine engere Anzahl von Versuchen benutzten, die unter allerdings vollkommen gleichen aber irgendwie willkürlich gewählten Bedingungen ausgeführt waren.

Die Differenzen, welche die durchschnittliche Verdunstungsgröße unserer Versuchspflanzen in verschiedenen Jahren zeigte, anderseits findet ihre natürliche und einfache Erklärung in der Ungleichheit der meteorologischen Verhältnisse in diesen Jahren.

Dafs auch diese Schwankungen sich innerhalb recht weiter Grenzen bewegen konnten, ja mußten, wird nicht Wunder nehmen, wenn man sich aus den im ersten Kapitel dieses Abschnittes mitgeteilten Beobachtungen erinnert, mit welcher bedeutender Kraft selbst mäßige Unterschiede in den äußeren Verdunstungsursachen — der Wärme, Luftfeuchtigkeit etc. — auf die Transpiration der Gewächse wirken.

Man halte die in Kapitel 8 des III. Abschnittes gegebenen Temperaturbeobachtungen mit den in den verschiedenen Versuchsjahren ermittelten Verdunstungsdurchschnitten zusammen und man wird die Beziehungen, die zwischen beiden stattfinden, sofort erkennen.

Und man werfe noch einen Blick auf die nachfolgenden Beobachtungen der Luftfeuchtigkeit, die wir gleichzeitig mit den Notierungen der Temperatur mit Hilfe eines Augustschen Psychrometers sammelten.

Es wurde beispielsweise gefunden:

Die relative Feuchtigkeit der Luft
(im Mittel aus je drei Beobachtungen).

Im Jahre 1868:

Datum	Proz.	Datum	Proz.
9. Mai	62,2	16. Juni	61,4
10. "	61,9	17. "	61,5
11. "	69,2	18. "	62,6
12. "	59,9	19. "	60,5
13. "	64,0	20. "	46,2
14. "	63,6	21. "	46,2
15. "	60,4	22. "	43,5
16. "	54,4	23. "	65,9
17. "	62,4	24. "	65,9
18. "	62,1	25. "	53,9
19. "	59,4	26. "	52,5
20. "	54,4	27. "	58,2
21. "	49,9	28. "	81,1
22. "	73,3	29. "	57,2
23. "	61,2	30. "	82,1
24. "	72,0		
25. "	72,1	1. Juli	81,8
26. "	67,7	2. "	81,8
27. "	67,6	3. "	81,4
28. "	59,3	4. "	72,9
29. "	63,0	5. "	70,2
30. "	57,1	6. "	71,0
31. "	70,8	7. "	73,8
		8. "	75,2
1. Juni	86,4	9. "	68,6
2. "	77,4	10. "	68,7
3. "	78,5	11. "	66,1
4. "	96,2	12. "	75,3
5. "	77,6	13. "	77,1
6. "	73,0	14. "	65,1
7. "	67,4	15. "	58,9
8. "	68,7	16. "	56,6
9. "	64,2	17. "	52,7
10. "	51,2	18. "	50,7
11. "	90,2	19. "	65,6
12. "	79,5	20. "	63,2
13. "	63,9	21. "	57,2
14. "	56,4	22. "	66,4
15. "	62,8	23. "	56,0

Mittel der 76 Tage (Vegetationszeit der Gerste im Jahre 1868): 65,7 Proz.

Im Jahre 1869:

Datum	Proz.	Datum	Proz.
10. Mai	72,8	17. Juni	76,3
11. "	76,8	18. "	82,8
12. "	75,4	19. "	79,4
13. "	86,2	20. "	93,2
14. "	69,0	21. "	84,0
15. "	61,1	22. "	70,2
16. "	61,3	23. "	79,1
17. "	68,9	24. "	86,8
18. "	65,5	25. "	82,6
19. "	74,7	26. "	85,2
20. "	71,5	27. "	82,1
21. "	71,2	28. "	75,4
22. "	73,5	29. "	76,4
23. "	78,1	30. "	68,4
24. "	69,5		
25. "	74,4	1. Juli	65,9
26. "	72,8	2. "	66,1
27. "	72,8	3. "	58,8
28. "	73,7	4. "	58,5
29. "	78,4	5. "	66,5
30. "	71,4	6. "	69,8
31. "	80,2	7. "	72,4
		8. "	75,9
1. Juni	75,2	9. "	73,5
2. "	73,7	10. "	63,3
3. "	71,1	11. "	58,2
4. "	72,0	12. "	60,4
5. "	72,7	13. "	61,8
6. "	72,5	14. "	74,5
7. "	68,2	15. "	70,7
8. "	73,2	16. "	82,0
9. "	77,3	17. "	74,4
10. "	71,4	18. "	76,4
11. "	73,5	19. "	67,0
12. "	73,9	20. "	70,4
13. "	63,9	21. "	70,5
14. "	69,1	22. "	55,5
15. "	92,7	23. "	51,6
16. "	64,7	24. "	51,6

Mittel der 76 Tage (Vegetationszeit der Gerste im Jahre 1869): 72,1 Proz.

Im Jahre 1870:

Datum	Proz.	Datum	Proz.
6. Mai	73,3	13. Juni	76,3
7. "	75,0	14. "	61,9
8. "	64,0	15. "	68,5
9. "	70,1	16. "	59,4
10. "	70,4	17. "	63,2
11. "	87,2	18. "	60,3
12. "	64,8	19. "	70,2
13. "	72,0	20. "	62,1
14. "	67,6	21. "	68,0
15. "	66,2	22. "	66,5
16. "	60,4	23. "	65,6
17. "	78,3	24. "	85,9
18. "	66,9	25. "	83,0
19. "	59,9	26. "	83,9
20. "	62,5	27. "	86,1
21. "	64,3	28. "	77,2
22. "	67,9	29. "	79,1
23. "	75,8	30. "	76,2
24. "	71,8		
25. "	65,2	1. Juli	78,6
26. "	72,2	2. "	68,5
27. "	63,4	3. "	77,2
28. "	68,6	4. "	73,2
29. "	66,0	5. "	85,8
30. "	61,9	6. "	74,6
31. "	64,5	7. "	71,0
		8. "	71,3
1. Juni	83,2	9. "	73,6
2. "	85,4	10. "	74,8
3. "	92,1	11. "	65,7
4. "	69,2	12. "	51,1
5. "	74,6	13. "	90,1
6. "	69,3	14. "	75,6
7. "	59,9	15. "	70,0
8. "	77,9	16. "	69,0
9. "	70,2	17. "	72,4
10. "	74,0	18. "	67,9
11. "	57,5	19. "	67,9
12. "	59,0	20. "	72,1

Mittel der 76 Tage (Vegetationszeit der Gerste im Jahre 1870): 71,0 Proz.

Die Beobachtungen, die wir in den sechs Versuchsjahren, 1868 bis 1873, über die Transpiration der vierzeiligen Gerste machten, hatten ergeben, daß diese Frucht pro 1 g produzierte Trockensubstanz durchschnittlich an Wasser verdunstete*):

im Jahre 1868	366 g
„ „ 1869	305 „
„ „ 1870	263 „
„ „ 1871	286 „
„ „ 1872	318 „
„ „ 1873	347 „

Die bedeutendsten Differenzen in der relativen Verdunstungsgröße zeigen hiervon die beiden Jahre 1868 und 1870:

das erstere mit	366
das letztere mit	263

und sucht man nach einem Grunde für diese Differenz, so geben, wie uns dünkt, die meteorologischen Verhältnisse der beiden Jahre durchaus genügenden Aufschluß.

Der Witterungscharakter des Jahres 1868 war während der Vegetationszeit der Gerste ungewöhnlich heiß und trocken, der des Jahres 1870 dagegen feucht und besonders während der ersten Lebenshälfte der Versuchsfrucht kühl.

Im Jahre 1868 betrug die mittlere Tageswärme**):

der ersten Hälfte der Vegetationszeit	14,29 ⁰ R.
„ zweiten „ „ „	15,44 ⁰ R.
„ ganzen Vegetationszeit	14,87 ⁰ R.

die Mittagstemperatur im Durchschnitte:

der ersten Hälfte der Vegetationszeit	19,1 ⁰ R.
„ zweiten „ „ „	19,8 ⁰ R.
„ ganzen Vegetationszeit	19,3 ⁰ R.

und die relative Feuchtigkeit der Luft***):

im Mittel der ganzen Vegetationszeit	65,7 Proz.
--	------------

Im Jahre 1870 dagegen stellte sich die mittlere Tageswärme:

der ersten Hälfte der Vegetationszeit auf	11,36 ⁰ R.
„ zweiten „ „ „ „	14,27 ⁰ R.
„ ganzen Vegetationszeit auf	12,82 ⁰ R.

*) Siehe S. 641 bis 645.

**) Siehe S. 414.

***) Siehe S. 667.

die Mittagstemperatur im Durchschnitte:

der ersten Hälfte der Vegetationszeit auf	15,2° R.
„ zweiten „ „ „ „	18,0° R.
„ ganzen Vegetationszeit auf	16,6° R.

und die relative Feuchtigkeit der Luft:

im Mittel der ganzen Vegetationszeit auf	71,0 Proz.
--	------------

Dieser augenfälligen Abhängigkeit der relativen Verdunstungsgröße der Pflanzen von den meteorologischen Verhältnissen in den Jahren 1868 und 1870 gegenüber könnten die Resultate des dazwischen liegenden Jahres 1869 auffallend erscheinen.

Im Jahre 1869 betrug die mittlere Tageswärme:

der ersten Hälfte der Vegetationszeit	11,76° R.
„ zweiten „ „ „	13,01° R.
„ ganzen Vegetationszeit	12,39° R.

die Mittagstemperatur im Durchschnitte:

der ersten Hälfte der Vegetationszeit	15,6° R.
„ zweiten „ „ „	17,0° R.
„ ganzen Vegetationszeit	16,3° R.

und die relative Feuchtigkeit der Luft:

im Mittel der ganzen Vegetationszeit	72,1 Proz.
--	------------

Der allgemeine Witterungscharakter des Jahres war also ebenfalls als kühl und feucht zu bezeichnen, und zwar in noch höherem Grade, als der des Vegetationsjahres 1870.

Wenn man lediglich die Witterungsverhältnisse ins Auge faßt, so würde man erwarten müssen, daß die Transpiration der Pflanzen im Jahre 1869 noch geringer war als im Jahre 1870.

Statt dessen fand das Umgekehrte statt. Man beobachtete die Verdunstungsgröße durchschnittlich

im Jahre 1870 zu 263 g pro 1 g produzierte Trockensubstanz	
„ „ 1869 „ 305 „ „ 1 „ „ „	

Aber auch dieser scheinbare Widerspruch löst sich sofort, wenn man sich an das erinnert, was wir oben über die eigentümliche Entwicklung der bezüglichen Versuchspflanzen sagten.

Schon S. 436 hatten wir darauf aufmerksam gemacht, daß die abnorm niedrige Temperatur, welche im Jahre 1869 während der

zweiten Hälfte der Vegetationszeit der Gerste herrschte, eine ungewöhnlich starke Ausbildung der Laubteile und ein auffälliges Zurückbleiben der Körnerentwicklung zur Folge hatte.

Es betrug im Jahre

	1869	1870
die Ernte an Trockensubstanz		
im Mittel pro Kulturgefäß		
oder von der Gesamternte		
machten aus		
pro Kulturgefäß hatten sich durchschnittlich		
entwickelt Halme	14	13
die Gesamtlänge derselben wurde gefunden zu	1329	1138 cm
die Zahl der durchschnittlich pro Kultur-		
gefäß produzierten Samen betrug	357	354
und das mittlere Gewicht eines Samens war .	29	33 mg

Schenkt man diesen Eigentümlichkeiten der Vegetation des Jahres 1869 die nötige Berücksichtigung, so gewinnt die Sache ein anderes Ansehen.

Es wird erklärlich, daß die Transpiration infolge der relativ vergrößerten verdunstenden Fläche sich höher stellen mußte, als im Jahre 1870; und so zeigt eine unbefangene Prüfung sämtlicher einschlagenden Umstände überall, daß die erheblichen Schwankungen, welche die Verdunstungsgröße in verschiedenen Jahrgängen zeigte, weder dem Zufalle noch den Fehlern der Methode zuzuschreiben sind, sondern in den wechselnden Verhältnissen, unter denen die Pflanzen vegetierten, ihre gute Begründung finden.

Siebentes Kapitel.

Größe der verdunstenden Oberfläche bei verschiedenen Pflanzenarten. — Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf den Bau der Gewächse.

In den vorhergehenden Mitteilungen sind wiederholt zwei Beobachtungen erwähnt worden, die uns noch weitere Aufklärung zu verlangen schienen. Es waren dies einmal die Bemerkung, daß zwei Pflanzenarten, die in ihrem äußeren Baue so große Verschiedenheiten zeigen, wie die Bohne und die Gerste, eine Leguminose und eine Graminee, sehr nahe die gleiche relative Verdunstungsgröße haben, und sodann die charakteristischen Verschiedenheiten, welche zwei Exemplare derselben Pflanzenart immer zeigen, wenn die eine in konstant hoher, die andere in konstant niedriger Bodenfeuchtigkeit wächst.

Die beste Grundlage zu einer richtigen Deutung dieser Verhältnisse glaubten wir von einer Messung der verdunstenden Oberfläche der betreffenden Pflanzen erwarten zu müssen, begegneten aber dabei größeren Schwierigkeiten, als wir von vornherein vermutet.

Die verdunstende Oberfläche ist an der lebenden Pflanze keine konstante Größe, sondern verändert sich mit jedem Tage, man könnte sagen: in jeder Stunde.

Wenn die Pflanze das Keimleben hinter sich hat, geht sie zunächst mit aller Energie an die Entwicklung ihrer assimilierenden Organe, zuvörderst der Wurzel, sodann des Laubwerkes.

In dieser Periode nimmt die verdunstende Oberfläche der Pflanze sehr rasch zu und im Verhältnisse rascher als die produzierte Trockensubstanz.

Ist die Ausbildung der assimilierenden Organe im wesentlichen vollendet, so verwendet die Pflanze ihre ganze Kraft auf die Entwicklung der Fortpflanzungsorgane.

Der Verbrauch von Stoff an den Bildungsherden ist zu dieser Zeit offenbar gröfser, als die Erzeugung deselben an den Assimilationspunkten. Aus den Blättern wird allmählich der ganze Zellinhalt mit fortgeführt und zur Bildung der Fortpflanzungsorgane mit benutzt; die Blätter beginnen, und zwar die ältesten zuerst von ihrer Spitze her, abzusterben.

In dieser Periode scheint die verdunstende Oberfläche der Pflanzen eine Zeit lang ziemlich stationär zu sein, indem ungefähr ebensoviel, wie an den neu entstehenden Blüten- resp. Fruchtteilen zuwächst, an den vertrocknenden Blättern verloren geht.

Von dem Zeitpunkte an, wo die Entwicklung der äufseren Fruchtorgane im wesentlichen durchgeführt ist und die Bildung des Samens beginnt, schreitet die Resorption der in den Lauborganen abgelagerten Nährstoffe rasch vorwärts, die Blätter sterben bis zum Grunde ab, und die verdunstende Oberfläche der Pflanze vermindert sich wieder täglich.

So stellt sich der Vorgang wenigstens z. B. bei der Gerste und der Bohne dar.

Aus dieser Darstellung ergibt sich leicht, dafs es nur dann einen Sinn hat, die verdunstende Oberfläche zweier Pflanzen miteinander zu vergleichen, wenn man dieselben in ganz genau korrespondierenden Entwicklungsperioden misst.

Wie aber soll man entscheiden und beweisen, dafs zwei Pflanzen, besonders zwei Pflanzen aus verschiedenen Familien, auf absolut dem gleichen Punkte der Entwicklung stehen?

In die geringste Gefahr, in dieser Beziehung zu irren, wird man jedenfalls dann kommen, wenn man die Pflanzen in der Periode vergleicht, in welcher die ältesten Blätter normal wieder abzusterben beginnen. Es ist dies ungefähr die Vegetationsepoche der Pflanze, in welcher der Fruchtansatz beginnt; die verdunstende Oberfläche der letzteren hat zu dieser Zeit ihr Maximum erreicht und hält sich eine Zeit lang einigermaßen gleich. Die Pflanze hat dann etwa zwei Drittel der oberirdischen Trockensubstanz gebildet, welche sie unter normalen Verhältnissen in reifem Zustande zu liefern vermag.

Eine weitere Schwierigkeit für die Bestimmung der Oberfläche einer Pflanze liegt darin, dafs die verschiedenen Pflanzenteile ihrer Form nach keine mathematisch regelmässigen Körper sind und dafs

mithin die Berechnung derselben gewisse Willkürlichkeiten gar nicht vermeiden läßt.

Über das Verfahren, welches wir bei unseren gelegentlichen Messungen einhielten, bemerken wir gleich hier folgendes:

Die Gröfse der Blattflächen wurde bei allen Pflanzen auf die bekannte Art bestimmt, dafs man dieselben erst auf Briefpapier, dessen mittleres Trockengewicht pro Quadratcentimeter bekannt war, abzeichnete und aus dem Papiere ausschnitt. Diese Papierkopieen wurden dann getrocknet, gewogen und aus ihrem Gewichte die doppelte Oberfläche derselben berechnet.

Die Oberfläche der Blatt- resp. Blütenstiele wurde derart gesucht, dafs man bei der Lupine den mittleren Durchmesser und die Länge derselben mafs und aus diesen Elementen den Walzenmantel berechnete; bei der Bohne dagegen betrachtete man dieselben als Prismen, deren Basis durch ein gleichseitiges Dreieck gebildet ist.

Die Stengel wurden zunächst in ihre Internodien zerlegt und die Oberfläche der letzteren einzeln berechnet. Man behandelte hierbei die Stengelstücke der Gerste (inkl. der Blattscheiden) und der Lupine mit der Zugrundelegung des mittleren Durchmessers derselben als Walze und die der Bohne als vierseitiges Prisma mit einem Parallelogramm als Grundfläche.

Die verdunstende Oberfläche der Blütenorgane suchte man in der Weise annähernd zu ermitteln, dafs man je zehn Blüten, Knospen oder Ährchen so aussuchte, dafs dieselben möglichst den Durchschnitt der übrigen repräsentierten. Diese Durchschnittsblüten von der Bohne wurden dann in ihre einzelnen Teile zerlegt und in ausgebreiteter Stellung auf Papier kopiert. Aus dem Gewichte der Papierkopieen wurde schliesslich wie bei den Laubblättern die verdunstende Oberfläche und zwar mit der Annahme berechnet, dafs die Blumenblätter zweiseitig, der Kelch aber nur einseitig verdunsteten. Von den Gerstenblüten wurde die Oberfläche der Spelzen ebenfalls mit Hilfe von Papierkopieen gefunden, die der Grannen aber als Seiten einer abgestumpften dreiseitigen Pyramide berechnet, deren Grundflächen auf mikrometrischem Wege gemessen waren.

Die Oberfläche der jungen Früchte endlich schätzte man mehr, als dafs man sie mafs und verfuhr dabei, wie folgt: Aus der Länge und dem Durchmesser mittlerer junger Gerstenkörner berechnete man die Oberfläche des dazu gehörigen Ellipsoids, desgleichen der dazu

gehörigen Walze und nahm dann als die Gröfse, welche der eigentümlichen Form des Gerstenkornes am nächsten käme, das Mittel aus diesen beiden Zahlen an. Bei den mehr plattgedrückten Früchten der Lupine maßen wir Länge und mittlere Breite, und nahmen als angenäherte Gröfse ihrer verdunstenden Oberfläche das Mittel aus den beiden Zahlen an, welche man erhält, wenn man aus diesen Elementen einmal ein doppelt verdunstendes Blattparallelogramm, das andere Mal eine Walze berechnet. Als Oberfläche der jungen Bohnenfrüchte endlich nahmen wir den Mantel einer idealen Walze an, deren Höhe gleich der Länge der Früchte und deren Durchmesser $= \frac{a + 2b + c}{4}$ war, wenn a , b und c die in $\frac{1}{8}$, $\frac{4}{8}$ und $\frac{7}{8}$ der Länge der Frucht gemessenen Durchmesser bedeuten.

In dieser Methode, die Oberfläche der Früchte zu schätzen, liegt eine grofse Willkürlichkeit, das können wir nicht leugnen und wollen es nicht zu beschönigen versuchen. Wir benutzten dieselbe, weil sie uns einen Weg bot, der leicht und rasch zu gehen war, und sich, wie uns dünkte, für die vorliegenden Zwecke nahe genug an den Grenzen der Wahrheit hielt.

Dafs wir die Blüten- und Fruchtteile überhaupt mit zu unserer Flächenbestimmung heranzogen, wird man nicht für eine überflüssige Spielerei erachten, wenn man erwägt, dafs dieselben, solange sie wachsen und saftig sind, zweifellos ebenso (teilweise vielleicht noch energischer) verdunsten, als die Blatt- und Stengelorgane, und wenn wir erwähnen, dafs wir nach obiger Methode die verdunstende Oberfläche einer kräftigen Bohnenblüte zu 17 qcm, und die eines normal entwickelten Gerstenährchens inkl. Granne nahezu gleich 2 qcm fanden.

Um nun den Vergleich zwischen der verdunstenden Oberfläche einiger verschiedener Pflanzenarten, der uns aus dem eingangs genannten Grunde spezieller interessierte, zu gewinnen, maßen wir nach dieser Methode im Jahre 1871 eine Anzahl Exemplare der kleinen vierzeiligen Gerste, der Pferdebohne und der gelben Lupine in verschiedenen Entwicklungsstadien.

Die hierzu benutzten Pflanzen hatten wir zugleich und unter genau denselben Vegetationsbedingungen mit den Nummern, welche

uns im Jahre 1871 zur Erörterung des Einflusses der Bodenfeuchtigkeit auf die Produktion dienten, herangezogen *).

Es wird genügen, wenn wir hier in dieser Beziehung kurz rekapitulieren, daß in den Kulturgefäßen, welche mit je circa 13 kg Gartenboden beschickt waren, je eine Bohne, eine Lupine, oder vier Gerstenpflanzen standen; daß die Ansaat der Bohnen und Lupinen am 13. April, die der Gerste am 13. Mai stattfand; daß die Bodenfeuchtigkeit während der Vegetationszeit zwischen 60 und 20 Proz. der wasserfassenden Kraft der Gartenerde erhalten wurde; und daß die Entwicklung der Gerste und der Bohnen eine ausnehmend kräftige, die der Lupinen aber eine nur mäfsige war.

Über die Resultate unserer Messung können wir folgendes mitteilen:

a. Gerste.

Am 18. Juni wurden die Pflanzen in dem Gefäße Nr. 692 geschnitten. Die Gerste war damals noch jung, die Halme hatten sich erst wenig gestreckt, die obersten Blätter waren noch zusammengerollt und teilweise nicht vollständig entwickelt.

Von den vier Pflanzen wurden in Summa 21 Halmanlagen und 102 Blätter resp. Blattanlagen gezählt.

Die Länge der Haupthalme schwankte von 242 bis 270 mm, die der Nebenthalme von 200 bis 40 mm.

Der mittlere Durchmesser der Internodien bewegte sich zwischen 3,8 und 1,3 mm.

Als verdunstende Oberfläche der vier Pflanzen in Summa wurde nach der oben beschriebenen Methode gefunden:

Oberfläche der Halme	301,2 qcm
„ „ Blätter	2374,7 „
	<hr/>
	d. i. zusammen 2675,9 qcm
Die vier Pflanzen wogen frisch	45,40 g
bei 100° getrocknet	5,292 „
enthielten Sand und Asche	0,902 „
mithin organische Trockensubstanz	4,390 „
Die Wurzelrückstände derselben wogen trocken	2,436 „
gaben Asche und Sand	1,245 „
enthielten mithin organische Trockensubstanz	1,191 „

*) Vgl. Seite 642 und 569 ff.

Zehn Tage später, am 28. Juni, wurden die vier Pflanzen des Gefäßes Nr. 693 geerntet.

Die Halme hatten sich in dieser Zeit tüchtig gestreckt, nur das oberste Blatt war noch nicht ganz entfaltet, an zwei Halmen zeigten sich schon die Grannenspitzen der jungen Ähre.

Es wurden gezählt

an Pflanze	Halme	Blätter	
		entfaltet	ingerollt
I.	7	29	7
II.	9	38	9
III.	8	29	8
IV.	11	39	10

Die Haupthalme hatten jetzt schon eine Länge von 640 bis 695 mm, während die der Nebenthalme von 640 bis 650 mm schwankte.

Der Durchmesser der einzelnen Internodien wurde von 1,2 bis zu 4,5 mm gefunden.

Die verdunstende Oberfläche berechnete sich

für die Halme zu	951,8 qcm
„ „ Blätter „	4094,4 „
d. i. in Sa. zu 5046,2 qcm	

Die vier Pflanzen wogen in Summa und zwar:

Die oberirdischen Teile frisch	104,81 g
diese lieferten Trockensubstanz	12,132 „*)
Asche und Sand	1,896 „
organische Trockensubstanz	10,236 „*)
Die Wurzelrückstände wogen trocken	3,319 „*)
gaben Asche und Sand	1,165 „
organische Trockensubstanz	2,154 „*)

Da unmittelbar nach dem 28. Juni das Hervorschieben der Grannen begann, so wurde beschlossen, die nächste Messung erst nach der vollen Entwicklung sämtlicher Ähren vorzunehmen. Leider verzögerte sich dies Geschäft wegen der reichen Bestockung unserer Versuchspflanzen an den zuletzt angelegten Nebentrieben länger, als wir vorausgesetzt hatten. Erst am 11. Juli kamen wir dazu die Pflanzen der Nummer 694 zu ernten. In den zuerst zu Tage ge-

*) Durch Unachtsamkeit hatte eine Überhitzung des Trockenschrankes stattgefunden. Das Material hatte sich gebräunt und die Trockensubstanz war mithin fehlerhaft, zu gering.

förderten Ähren waren zu dieser Zeit schon junge Körner zu fühlen. Die Blattflächen, welche beim Hervorbreehen der Ähren allmählich zu vertrocknen begannen, waren schon ansehnlich reduziert.

An den vier Pflanzen der Nro. 694 wurden gezählt:

Pflanze	Halme sämtlich ährentragend	Blätter	
		noch ganz oder fast ganz frisch	ver- trocknet
I.	6	23	7
II.	5	21	7
III.	8	27	10
IV.	7	25	8

Die Länge der Haupthalme vom Boden bis zum Ansatz der Ährenspindel betrug 825 bis 1030 mm, die der Nebenthalme schwankte zwischen 860 und 185 mm.

Die Länge der Ähren betrug

exklus. Grannen von	35	bis	85	mm
inklud. „ „	155	„	210	„

Die Zahl der Ährchen daran variierte von 27 bis 54.

Als verdunstende Oberfläche wurde gefunden:

Für die Halme	975,3	qcm
„ „ noch grünen und saftigen Teile der Blätter	2612,5	„
„ „ Ähren	1788,0	„

d. i. in Sa. 5375,8 qcm

Die vier Pflanzen wogen in Summa und zwar:

Die oberirdischen Teile frisch	120,11	g
davon wurde erhalten Trockensubstanz	32,504	„
Asche und Sand	2,492	„
organische Trockensubstanz	30,012	„
Die Wurzelrückstände wogen trocken	4,545	„
davon Asche und Sand	2,022	„
organische Trockensubstanz	2,523	„

Da bis zum 11. Juli sämtliche Ähren vollständig bis zur Körnerbildung entwickelt waren und somit ein Längenzuwachs an keinem Teile der Pflanze mehr stattfand, so sank von hier ab die verdunstende Oberfläche der Gerstenpflanzen dem fortschreitenden Absterben der Blätter entsprechend sichtlich und rasch.

Am 17. Juli ernteten und maßen wir noch die Pflanzen der Nummer 695; diese Messung kann aber nicht wohl als eine Fortsetzung der vorstehenden Reihe angesehen werden, denn die Nummer 695 hatte während der Vegetation einen anderen Standort gehabt als die übrigen und war dort zeitweise beschattet worden. Infolgedessen hatten die Pflanzen dieser Nummer ihr Laubwerk üppiger getrieben, als die der Nummern 692 bis 694 und waren in ihrer Gesamtentwicklung der Zeit nach hinter jenen zurückgeblieben. Obwohl mit denen der Nummer 694 an einem Tage gesät, standen sie am 17. Juli doch höchstens in der Vegetationsperiode, welche jene schon am 11. d. M. erreicht hatten. Die Mäse der Nummer 695 können, verglichen mit denen der Nummer 694, als Beispiel dienen, wie weit die verdunstenden Oberflächen verschiedener Individuen derselben Pflanzenart zu differieren vermögen, wenn sie unter nicht ganz gleichen Bedingungen vegetieren.

Am Tage der Ernte trug:

Pflanze	Halme	Blätter	
		ganz oder größtenteils grün	vertrocknet
I.	7	25	11
II.	8	27	12
III.	7	22	7
IV.	5	18	8

Die Länge der Haupthalme variierte von 830 bis 965 mm, die der Nebenthalme von 110 bis 900 mm.

Die Länge der Ähren fand man:

exklus. Grannen von 40 bis 75 mm
inkl. „ „ 110 „ 200 „

Die Zahl der Ährchen an einer Ähre schwankte zwischen 18 und 51.

Als verdunstende Oberfläche berechnete sich

für die Halme	1507,2 qcm
„ „ noch grünen und saftigen Teile der Blätter	3325,1 „
„ „ Ähren	1648,0 „
<hr/>	
d. i. in Sa. 6480,3 qcm	

Die vier Pflanzen wogen zusammen und zwar:

Die oberirdischen Teile frisch	135,97 g
davon erhalten Trockensubstanz	33,513 „
Asche und Sand	3,070 „
organische Trockensubstanz	30,443 „
Die Wurzelrückstände wogen trocken	5,912 „
enthielten Asche und Sand	3,660 „
organische Trockensubstanz	2,252 „

b. P f e r d e b o h n e .

Die erste Bohnenpflanze in Gefäß Nr. 696 wurde in noch sehr jugendlichem Zustande am 31. Mai geerntet. Dieselbe hatte zwei kräftige Seitenzweige getrieben und fing eben an die ersten Anlagen der Blütenorgane zu zeigen.

Die nach der oben angeführten Methode vorgenommene Messung ergab als verdunstende Oberfläche:

für Stengel und Blattstiele	268,6 qcm
„ die Blätter	2062,7 „

d. i. in Sa. 2331,3 qcm

Das Gewicht der oberirdischen Teile der Pflanze betrug

in frischem Zustande	57,39 g
bei 100° getrocknet	5,433 „
in der Trockensubstanz Asche und Sand	0,775 „
organische Trockensubstanz	4,658 „

Im Anfange des Juni schritt das Wachstum der Bohnen rasch vorwärts und da sich in der Mitte dieses Monates die Blüten flott nacheinander entfalteten, so wurde am 19. Juni zur Ernte der zweiten Pflanze in Kulturgefäß Nr. 697 geschritten.

Dieselbe hatte zu dieser Zeit einen Haupttrieb von 770 mm Länge und drei Nebentriebe von resp. 680, 590 und 140 mm Länge. Die vier Triebe trugen resp. 13, 10, 9 und 4 ausgebildete Blätter (à 3 Paar Fiederblättchen) und an Blüten der Haupttrieb: 40 aufgeblühte Blumen an 5 und 21 Knospen an 3 Achsen; der erste Nebentrieb: 20 aufgeblühte Blumen an 4 und 22 Knospen an 3 Achsen; der zweite Nebentrieb: 22 aufgeblühte Blumen an 4 und 16 Knospen an 3 Achsen; endlich der dritte Nebentrieb 4 aufgeblühte Blumen und 7 Knospen.

Die Messung ergab als verdunstende Oberfläche

der Stengel, Blattstiele und Blütenachsen . . .	747,2	qcm
„ Blätter	5395,2	„
„ Blütenteile	1564,2	„
	<hr/>	
	d. i. in Sa.	7706,6 qcm

Als Gewicht der Pflanze wurde gefunden:

Für die oberirdischen Teile in frischem Zustande	190,00	g
dieselben getrocknet	21,871	„
darin Sand und Asche	2,365	„
organische Trockensubstanz	19,506	„
Die Wurzelrückstände wogen trocken	6,107	„
darin war enthalten Asche und Sand	2,323	„
organische Trockensubstanz	3,784	„

Gegen Ende Juni zeigten sich die ersten jungen Früchte und am Ende der ersten Juliwoche begannen die untersten Blätter der Bohne allmählich abzusterben, ein Zeichen, daß die Entwicklung der verdunstenden Oberfläche ihr Maximum erreicht hatte. Dies wurde Veranlassung am 9. Juli die Ernte der dritten Bohnenpflanze im Kulturgefäße Nro. 698 vorzunehmen.

Die Pflanze besaß einen 1140 mm langen Haupttrieb, welcher zwei kleine Seitenzweige von 385 und 265 mm Länge trug und zwei Nebentriebe, von denen der eine 1210, der andere 1005 mm in der Länge maß.

Aufser 9 Blättern mit 32 Fiedern, welche, weil vollständig vertrocknet oder verwelkt, vorher abgenommen waren, wurden gezählt an dem Haupttriebe: 19 noch frische grüne Blätter, von denen das stärkste 7 Fiederblättchen hatte und 20 jugendliche Früchte an 5 Achsen;

von den beiden kleinen Seitenzweigen deselben trug der eine 8 gut entwickelte Blätter und 9 aufgeblühte Blumen an 2 Blütenachsen, der andere 5 Blätter (à 5 Fiederblättchen) und 5 Blüten an 2 Achsen;

an dem ersten großen Nebentriebe wurden 19 gut entwickelte Blätter gezählt, von denen das größte 7 Fiederblättchen hatte, ferner 29 junge Früchte an 8 und 12 offene Blüten an 4 Achsen;

an dem zweiten großen Nebentriebe fanden sich 11 Blätter, das größte mit 6 Fiederblättchen, und 15 junge Früchte an 5 Achsen.

Die Berechnung der verdunstenden Oberfläche lieferte als Resultat:

Für die Stengel	988,4 qcm
„ „ Blatt- und Blütenstiele	1 342,2 „
„ „ Blätter	7 214,7 „
„ „ Blüten	429,0 „
„ „ Früchte	251,4 „

d. i. in Sa. 10 225,7 qcm

Die Pflanze wog bei der Ernte und zwar:

Die oberirdischen Teile in frischem Zustande . .	255,65 g
dieselben bei 100° getrocknet	39,349 „
davon war Sand und Asche	3,120 „
organische Trockensubstanz	36,229 „
Die Wurzelrückstände wogen trocken	14,154 „
darin war Sand und Asche	3,068 „
organische Trockensubstanz	11,086 „

Von jetzt an war ein weiteres Wachstum mit Ausnahme der Früchte nirgends mehr zu bemerken, dagegen schritt das Absterben der Blätter rasch vorwärts und wurde Mitte Juli so rapid, daß zum Gelbwerden und Resorbieren der Blätter fast eines ganzen großen Zweiges 3 bis 4 Tage genügten.

c. L u p i n e.

Am 17. Juni ernteten wir die erste junge Lupinenpflanze in dem Kulturgefäße Nro. 699. Es war dies ungefähr dieselbe Zeit, zu welcher wir schon die zweite Bohnenpflanze mafsen, aber die Entwicklung der Lupine schreitet in der ersten Wachstumsperiode ausnehmend langsam vorwärts.

Unsere Pflanze hatte an diesem Tage neben dem Haupttriebe noch 4 Seitenzweige mit den entsprechenden Blattrosetten angelegt, aber noch keinen derselben (auch den Haupttrieb nicht) gestreckt und trug 46 mehr oder weniger ausgebildete und mehrere erst in der Anlage vorhandene Blätter.

Die Messung ergab als verdunstende Oberfläche

für die Stengel und Blattstiele	38,0 qcm
„ „ Blätter	1088,6 „

d. i. in Sa. 1126,6 qcm

Das Gewicht der Pflanze betrug und zwar:

Der oberirdische Teil in frischem Zustande . . .	26,16 g
derselbe getrocknet	2,708 „
darin Asche und Sand	0,361 „
organische Trockensubstanz	2,347 „
Die Wurzelrückstände wogen trocken	1,405 „
darin wurden gefunden Asche und Sand . . .	0,586 „
organische Trockensubstanz	0,819 „

In den nächsten Tagen begannen die Stengel unserer übrigen Lupinenpflanzen sich zu strecken und wurden in raschem Tempo in die Höhe befördert. Schon am 22. Juni wurden die Blütenanlagen an der Spitze des Haupttriebes sichtbar und die ganze weitere Entfaltung wickelte sich so flott ab, daß Mitte Juli die Blüteperiode als beendet angesehen werden konnte. Nur an einigen vereinzelt Seitentrieben waren noch ein Paar Blumen zu bemerken, junge Früchte umstanden in reicher Anzahl die Stengelspitzen.

Als nun endlich auch die ältesten Blätter anfangen gelb zu werden, glaubte man annehmen zu dürfen, daß das Maximum in der Entwicklung der verdunstenden Oberfläche erreicht sei und schritt am 14. Juli zur Ernte der zweiten Lupinenpflanze im Kulturgefäße Nro. 700.

Die Pflanze hatte zunächst neben ihrem Hauptstamme zwei starke Nebenzweige getrieben, an dem Hauptstamme saßen außerdem 9 Seitentriebe, von denen die zwei jüngsten nur erst angelegt waren, aber auch in der Folge nicht wesentlich weiter gefördert wurden, der erste starke Seitenzweig trug 3, der zweite 2 Nebentriebe.

Die Länge des Hauptstammes wurde zu 690 mm, und die der beiden starken Seitenzweige zu 615 und 600 mm gefunden, die Nebentriebe maßen wir zu 465 bis 10 mm.

An Blättern wurden in Summa 119 Stück gezählt.

Von Blüten fanden sich nur noch an den jüngeren Nebentrieben einzelne jetzt vertrocknete Reste.

Junge Früchte wurden gezählt

am Hauptstamme	21 Stück
„ ersten starken Seitenzweige	15 „
„ zweiten „ „	11 „
„ „ Nebentriebe des Hauptstammes	2 „

an der ganzen Pflanze in Sa. 49 Stück

Als verdunstende Oberfläche dieser Teile berechneten sich nach obiger Methode:

Für die Stengelteile	436,0 qcm
„ „ Blattstiele	574,0 „
„ „ Blätter	3825,3 „
„ „ Früchte	343,1 „
<hr/>	
die ganze Pflanze in Sa.	5178,4 qcm

Die Pflanze wog und zwar:

Die oberirdischen Teile in frischem Zustande . .	175,56 g
dieselben bei 100° getrocknet	21,974 „
darin Asche und Sand	1,969 „
organische Trockensubstanz	20,005 „
Die Wurzelrückstände wogen trocken	6,827 „
enthielten Asche und Sand	3,608 „
also organische Trockensubstanz	3,219 „

An anderen gleichalterigen Lupinenpflanzen, die man bis zur Reife weiter kultivierte, nahm von dieser Zeit an das Absterben der Blätter (allerdings in weit langsamerem Tempo als z. B. bei der Bohne) seinen weiteren Verlauf, ohne dafs an denselben ein anderer Flächenzuwachs als an den sich ebenfalls nur langsam entwickelnden Früchten zu bemerken gewesen wäre.

Wollen wir jetzt einen Vergleich zwischen der verdunstenden Oberfläche unserer drei Pflanzenarten versuchen, so werden wir zunächst aus den oben besprochenen Gründen am zweckmäfsigsten nur die Masse der Nummern 694 resp. 695, dann 698 und 700, d. h. die Masse derjenigen Pflanzen benutzen, welche in der Periode des beginnenden Fruchtansatzes gemessen wurden, in der sie voraussetzlich das einige Zeit ziemlich konstant bleibende Maximum ihrer Flächenentwicklung erreicht hatten.

Die Messung dieser Pflanzen hatte uns als Gröfse der verdunstenden Oberfläche ergeben:

Nro. 694, d. 28. Juni vier Gerstenpflanzen in Sa.	5 375,8 qcm
„ 695, d. 11. Juli „ „ „	6 480,3 „
„ 698, d. 9. „ eine Bohnenpflanze	10 225,7 „
„ 700, d. 14. „ „ Lupinenpflanze	5 178,4 „

Da die Pflanzen, obwohl in gleich grofsen Kulturgefäfsen gezogen, doch ungleich in ihrer Masse waren und in ihrer verschieden

langen Vegetationszeit sehr ungleiche Mengen Trockensubstanz produzierten, so sind diese Zahlen nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar, aber auf folgendem Wege wird sich ein Vergleich derselben ermöglichen lassen:

Wie schon erwähnt, hatten wir unsere zur Oberflächenmessung bestimmten Pflanzen zugleich und unter genau denselben Kulturbedingungen angebaut wie die, welche wir im Jahre 1871 zur Ermittlung der Verdunstungsgröße verschiedener Pflanzenarten benutzten.

Die letzteren, welche bis zur vollen Reife vegetierten, ergaben durchschnittlich pro Kulturgefäß eine Ernte an oberirdischer Trockensubstanz:

Die Gerste, vier Pflanzen	46,69 g
„ Bohnen, eine Pflanze	78,32 „
„ Lupinen, „ „	38,07 „

Es wird erlaubt sein anzunehmen, daß die von uns gemessenen Pflanzen, welche während ihrer gewaltsam abgekürzten Lebenszeiten irgend welchen Unterschied von jenen im Wachstume nicht bemerken ließen, wenn sie reif geworden wären, dieselbe Menge Trockensubstanz produziert haben würden.

Setzt man aber mit dieser Annahme die Produktion der Pflanzen mit dem an ihnen gefundenen Flächenmaximum in Relation, so erhält man:

	Wahrscheinliche Produktion an Trockensubstanz bis zur Reife	Gefundenes Maximum der verdunstenden Oberfläche	Verhältnis zwischen beiden
	g	qcm	
Gerste Nro. 694.	46,69	5 375,8	= 1 : 115
„ „ 695.	46,69	6 480,3	= 1 : 139
Bohne „ 698.	78,32	10 225,7	= 1 : 131
Lupine „ 700.	38,07	5 178,4	= 1 : 136

D. h. die drei äußerlich so verschieden gebauten Pflanzenarten Gerste, Bohne und Lupine, haben für jedes Gramm oberirdische Trockensubstanz, welches sie produzieren, zu der Zeit ihrer höchsten Flächenentwicklung ungefähr gleichviel verdunstende Oberfläche.

Zusammengehalten mit der im vorigen Kapitel mitgeteilten Beobachtung, daß die drei Pflanzenarten während ihrer Lebenszeit für je 1 g produzierte Trockensubstanz auch nahezu gleich viel Wasser

verdunsten, erhält dieser Satz ein besonderes Interesse und es liefse sich weiter daraus schliessen, dafs die Transpirationsgröfse der drei Pflanzenarten pro Quadratcentimeter verdunstender Oberfläche im grofsen Durchschnitt auch nicht wesentlich verschieden sei. (Es ist wohl kaum nötig zu erwähnen, dafs der Umstand, dafs eine Bohnenblüte und eine Lupinenfrucht, ja dafs ein junges und ein altes Gerstenblatt zeitweise eine ganz verschiedene Verdunstungsenergie zu entwickeln vermögen, diesen Schlufs in keiner Weise tangiert.)

Es ist wiederholt erwähnt worden, dafs die Pflanzen, welche bei konstant verschiedener Bodenfeuchtigkeit erzogen wurden, ganz bestimmte Unterschiede in ihrem äufseren Habitus zeigten. Wir beschrieben dieselben gelegentlich oben mit folgenden Worten:

„Die Exemplare, welche den gröfsten Wasserreichtum im Boden fanden, waren immer nicht nur gröfser, als die anderen, sondern ihr ganzer Bau war gleichsam extensiver; Zweige, Blätter u. s. w. wurden weiter und breiter auseinander gelegt; die Farbe derselben war ein entschiedenes Hellgrün. Dagegen machten die Pflanzen, welche mit mangelhafter Bodenfeuchtigkeit sich begnügen mußten, mehr den Eindruck des in sich Konzentrierten. So lange die Verdunstung sich in mäfsigen Grenzen hielt, erschienen dieselben keineswegs hängend und schlaff, sondern im Gegenteil stramm, man wäre versucht zu sagen steif; ihre einzelnen Teile hielten sich enger zusammen und ihre Farbe war ein tiefes dunkles Saftgrün, ähnlich wie bei solchen Pflanzen, die mit Stickstoffüberflufs ernährt wurden.“

Das Ganze machte den Eindruck, als ob die Pflanzen sich den äufseren Verhältnissen akkomodierend, bei Wasserüberflufs ihre verdunstende Oberfläche nach Möglichkeit zu vergröfsern und bei Wassermangel dieselbe zu verringern versuchten.

Um zu sehen, wie weit bei dieser Auffassung die Phantasie mit im Spiele sei, wurde von einer gröfseren Anzahl Gerstenpflanzen, die bei konstant verschiedener Bodenfeuchtigkeit (80, 60, 40, 30, 20, 10 und 5 Proz. der wasserfassenden Kraft des Bodens) erzogen worden waren, in verschiedenen Entwicklungsperioden wie oben die verdunstende Oberfläche gemessen.

Man glaubte hierbei von der Voraussetzung ausgehen zu dürfen, dafs die verschiedene Bodenfeuchtigkeit einen erheblichen Einflufs

auf die Zeit, welche die Pflanzen zum Durchlaufen einer bestimmten Vegetationsperiode brauchten, nicht ausübe, und erntete deshalb die zu vergleichenden Exemplare immer alle an ein und demselben Tage, d. h. man mafs immer genau gleichalterige Pflanzen.

Unsere übrigen Beobachtungen und die Thatsache, dafs unsere Versuchsnummern ihre Ähren sämtlich ziemlich gleichzeitig zu Tage förderten, schienen die Richtigkeit dieser Voraussetzung zu bestätigen. Trotzdem aber erwies sich dieselbe im Verlaufe der Untersuchung als falsch und die ganze Arbeit wurde dadurch resultatlos.

Wir unterlassen deshalb, dieselbe hier in extenso wiederzugeben, und greifen blofs die Mafse der mit 60 und 20 Proz. Bodenfeuchtigkeit erzeugten Gersten als Beispiel heraus.

Die Pflanzen waren im Jahre 1870 in mit je 4 kg Quarzsand und den nötigen Nährstoffen beschickten Gefäfsen neben den S. 565 ff. besprochenen Nummern 564 bis 570 und unter genau gleichen Verhältnissen mit jenen angebaut.

Man fand:

a. Am 31. Mai (Jugendperiode).

In Gefäfs Nro. 701: Bodenfeuchtigkeit 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

7 Pflanzen mit 7 Haupt- und 14 Nebenhalmern, erstere mit je 5, letztere mit je 3, in Sa. mit 77 Blättern.

Länge der Haupthalme	177 bis 285 cm
„ „ Nebenhalmern	40 „ 165 „

Verdunstende Oberfläche

für die Halme	280,6 qcm
„ „ Blätter	1778,1 „
	in Sa. 2058,7 qcm

Gewicht der Ernte:

Die oberirdischen Teile wogen frisch . . .	26,760 g
„ „ „ „ trocken . . .	4,878 „
darin Sand und Asche	0,473 „
organische Trockensubstanz	4,405 „
In den Wurzelrückständen fand man organische Trockensubstanz	1,540 „

In Gefäß Nro. 702: Bodenfeuchtigkeit 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

7 Pflanzen mit 7 Haupt-, 9 Nebenhalmern und in Sa. 62 Blättern.

Länge der Haupthalme	87 bis 206 cm
„ „ Nebenhalm	22 „ 73 „

Verdunstende Oberfläche

der Halme	147,1 qcm
der Blätter	598,4 „

in Sa. 745,5 qcm

Gewicht der Ernte und zwar:

Der oberirdischen Teile frisch	14,715 g
„ „ „ trocken	2,363 „
„ darin Asche und Sand	0,254 „
„ mithin organische Trockensubstanz	2,109 „
In den Wurzelrückständen organische Trockensubstanz	1,032 „

b. Am 17. Juni (Blüteperiode).

In Gefäß Nro. 703: Bodenfeuchtigkeit 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

7 Pflanzen mit 7 Haupt- und 9 Nebenhalmern; Blätter in Sa. 80, wovon 27 noch jugendlich und bis zur Spitze grün, 53 aber schon im Vertrocknen begriffen und teils mehr, teils minder weit resorbiert waren; Ähren 10 mit in Sa. 306 Ährchen.

Länge der Haupthalme	750 bis 973 cm
„ „ Nebenhalm	89 „ 606 „

Verdunstende Oberfläche

der Halme	774,1 qcm
„ Blätter	711,7 „
„ Ähren	612,0 „

in Sa. 2097,8 qcm

Gewicht der Ernte und zwar:

Der oberirdischen Teile frisch	43,723 g
„ „ „ trocken	11,527 „
„ darin Asche und Sand	0,786 „
„ und organische Trockensubstanz	10,741 „
In den Wurzelrückständen organische Trockensubstanz	2,542 „

In Gefäß Nro. 704: Bodenfeuchtigkeit 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

7 Pflanzen mit 7 Haupt- und 4 Nebenhalmern; Blätter in Sa. 64, wovon 39 noch ganz grün, 25 aber schon mehr oder weniger abgestorben waren; Ähren 6 mit in Sa. 136 Ährchen.

Länge der Haupthalme	430 bis 725 cm
„ „ Nebenhalm	83 „ 210 „

Verdunstende Oberfläche

der Halme	380,7 qcm
„ Blätter	615,8 „
„ Ähren	258,0 „

in Sa. 1254,5 qcm

Gewicht der Ernte und zwar:

Der oberirdischen Teile frisch	21,840 g
„ „ „ trocken	5,790 „
„ darin Asche und Sand	0,432 „
„ und organische Trockensubstanz	5,358 „
In den Wurzelrückständen organische Trockensubstanz	1,837 „

c. Am 7. Juli (Zeit der Samenbildung).

In Gefäß Nro. 705: Bodenfeuchtigkeit 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

7 Pflanzen mit 7 Haupthalmen, 6 ährentragenden Nebenhalmern und 7 unfruchtbaren, jetzt vertrockneten Seitentrieben; Blätter in Sa. 99, von denen aber nur noch 19 ganz oder teilweise grün und lebendig waren; Ähren 13 mit zusammen 381 Ährchen und 305 schon ziemlich weit entwickelten, aber noch weichen und grünen Samen.

Länge der Haupthalme	680 bis 920 cm
„ „ ährentragenden Nebenhalm	254 „ 825 „

Verdunstende Oberfläche

der noch grünen Halme	794,0 qcm
„ grünen Blätter resp. Blattstücke	157,5 „
„ Fruchtorgane und Samen	762,0 „

in Sa. 1713,5 qcm

Gewicht der Ernte und zwar:

Der oberirdischen Teile frisch	56,203 g
" " trocken	20,606 "
darin Asche und Sand	1,117 "
und organische Trockensubstanz	19,489 "
In den Wurzelrückständen organische Trockensubstanz	2,040 "

In Gefäß N r o. 7 0 6: Bodenfeuchtigkeit 20 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes.

7 Pflanzen mit 7 Haupthalmen und 3 ährentragenden Nebenthalmen; Blätter in Sa. 74, von denen 23 noch ganz oder teilweise lebendig und grün waren; die 10 Ähren trugen zusammen 290 Ährchen und 226 grüne, weiche Samen.

Länge der Haupthalme	480 bis 693 cm
" " Nebenthalme	426 " 488 "

Verdunstende Oberfläche

der Halmteile	459,0 qcm
" noch lebenden Blätter resp. Blattstücke	214,1 "
" der Fruchtteile und Samen	551,0 "

in Sa. 1224,1 qcm

Gewicht der Ernte und zwar:

Der oberirdischen Teile frisch	36,113 g
" " trocken	14,283 "
darin Asche und Sand	0,527 "
und organische Trockensubstanz	13,756 "
In den Wurzelrückständen organische Trockensubstanz	1,566 "

Sieht man diese Zahlen etwas genauer an, so überzeugt man sich leicht, daß die einzelnen Pflanzen der vorstehenden drei Nummernpaare, obwohl gleichalterig, in ihrer Entwicklung nicht nur der Masse, sondern auch der Zeit nach verschieden waren, daß besonders die Resorption der Blätter in der zweiten und dritten Periode bei den mit 20 Proz. Bodenfeuchtigkeit erzeugten merklich später und langsamer sich vollzog, als bei den mit 60 Proz. gebauten, und daß es somit verfehlt sein würde, auf den Vergleich der verdunstenden Oberfläche von beiden weitere Schlüsse zu bauen.

Bessere Resultate lieferte eine mikroskopische Prüfung der Blätter von Pflanzen, die in ungleich feuchtem Boden gewachsen waren, verbunden mit Zählung resp. Messung der Gefäßbündel, Parenchymzellen und Spaltöffnungen.

Da es sich hier nicht, wie bei der Größe der verdunstenden Oberfläche, um täglich veränderliche, sondern um mehr bleibende Zustände handelte, so verlor die Frage, ob die zu vergleichenden Pflanzen am Untersuchungstage absolut genau in demselben Stadium der Entwicklung standen, ihre verhängnisvolle Bedeutung und die gemachten Beobachtungen erscheinen genügend, um die oben beregten Eigentümlichkeiten im Baue unserer Versuchspflanzen als Folgen der verschiedenen Bodenfeuchtigkeit zu erklären.

Dr. Sorauer hat über diese Untersuchung in der „Botanischen Zeitung 1873, Nro. 10“ ausführlicher berichtet und wir geben daraus folgenden Auszug:

Im Jahre 1871 wurde in zwölf Kulturgefäßen, Nro. 707 bis 718, Gerste unter genau denselben Vegetationsbedingungen angebaut, wie sie den Nummern 701 bis 706 im vorhergehenden Jahre geboten worden waren.

Die zwölf Gefäße wurden in vier Gruppen von je drei Stück geteilt und die Bodenfeuchtigkeit während der ganzen Vegetationszeit durch täglichen Ersatz des verdunsteten Wassers konstant möglichst nahe in der ersten Gruppe an 10 Proz., in der zweiten an 20 Proz., in der dritten an 40 Proz. und in der vierten an 60 Proz. der wasserfassenden Kraft des Sandes erhalten.

Von jeder der vier Gruppen wurde die eine Nummer geerntet, als die Pflanzen das dritte bis vierte Blatt entwickelt hatten, die andere, als die Ähren vollständig hervorgeschoben waren, aber noch nicht geblüht hatten, und die dritte endlich, als die jungen Samen angesetzt, aber noch grün und milchig waren.

Sämtliche Pflanzen, welche einer Gruppe angehörten, waren zur Zeit der Ernte befriedigend gleich entwickelt; der Verlauf der ganzen Vegetation war als gut zu bezeichnen.

Um annähernde Mittelwerte und gleichzeitig eine Übersicht der vorhandenen Schwankungen zu erhalten, wurde immer von jeder Nummer die kleinste und die größte Pflanze der Messung unterworfen.

Die Aufgabe, welche bei der Untersuchung stets im Auge zu behalten war, lag klar genug vor.

Es war denkbar, daß die genügend konstatierte grössere Massenproduktion der besser bewässerten Pflanzen lediglich durch eine entsprechend lebhaftere Zellteilung ohne Vergrößerung der einzelnen Zellen hervorgerufen werde; man konnte anderseits es für möglich halten, daß dieselbe ihren Grund lediglich in einer entsprechend grösseren Streckung und Vergrößerung der einzelnen Zellen habe; und man durfte es endlich für wahrscheinlich halten, daß eine weitergehende Zellteilung und eine stärkere Entwicklung der einzelnen Zellen zugleich Anteil an dem Erfolge haben.

Die mikroskopische Prüfung hatte zu entscheiden, welcher von den drei Fällen hier in Wirklichkeit vorlag.

Zunächst bestimmte man makroskopisch die Länge und die Breite sämtlicher Blätter und fand dabei die in der nachstehenden Tabelle verzeichneten Grössen.

Es sei dazu bemerkt, daß als Blattlänge die Ausdehnung von der Ligula bis zur Spitze genommen und daß die Blattbreite immer genau auf der Hälfte dieser Länge gemessen wurde.

Die einzelnen Blätter je eines Halmes bezeichnen wir in ihrer Reihenfolge von der Basis nach der Spitze desselben mit den Zahlen I., II., III. u. s. w.

Blattlänge in Millimetern.

Bei Gruppe 1. — 10 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Nro.	geerntet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	im Mittel
707.	jung	{ 80	180	100	—	—	—	—	—	120,0
		{ 100	84	63	—	—	—	—	—	82,3
708.	kurz vor der Blüte	{ 105	90	90	106	130	110	57	—	98,3
		{ 88	84	83	84	75	—	—	—	82,8
709.	in der Milchreife	{ 40	90	103	125	137	137	137	60	103,6
		{ ?	100	115	95	110	120	—	—	108,0
		{ 55	55	81	70	63	45	—	—	61,5

Bei Gruppe 2. — 20 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

710.	jung	{ ?	130	150	160	170	—	—	—	152,5
		{ 70	160	105	—	—	—	—	—	111,6
711.	kurz vor der Blüte	{ 135	170	200	220	180	10	—	—	169,1
		{ ?	85	164	161	115	41	—	—	113,2
712.	in der Milchreife	{ 120	185	200	210	163	105	—	—	163,8
		{ 85	90	140	160	156	100	—	—	121,8

Bei Gruppe 3. — 40 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Nro.	geerntet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	im Mittel
713.	jung	{ 195	205	220	?	205	120	—	—	189,0
		{ 100	180	220	230	230	130	—	—	180,0
		{ ?	156	198	220	—	—	—	—	191,8
714.	kurz vor der Blüte	{ 120	165	195	180	160	118	60	—	142,6
		{ 122	180	138	74	—	—	—	—	128,5

Bei Gruppe 4. — 60 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

716.	jung	{ ?	130	174	160	—	—	—	—	154,6
		{ ?	200	210	240	190	—	—	—	210,0
717.	kurz vor der Blüte	{ 220	227	225	187	—	—	—	—	214,8
		{ 230	145	230	200	120	—	—	—	185,0
718.	in der Milchreife	{ 170	200	195	170	96	—	—	—	166,2
		{ ?	200	200	185	140	80	—	—	163,0

Blattbreite in Millimetern.

Bei Gruppe 1. — 10 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Nro.	geerntet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	im Mittel
707.	jung	{ 4	6	6	—	—	—	—	—	5,33
		{ 7	7	5	—	—	—	—	—	6,33
708.	kurz vor der Blüte	{ 5	6	8	9	10	10	6	—	7,71
		{ 4	5	5	4,5	4	—	—	—	4,50
709.	in der Milchreife	{ 4	3	4	5	7	7	8	6	5,50
		{ ?	4	4	5	8	10	—	—	6,20
		{ 3	3,5	4	4	3,5	2,5	—	—	3,41

Bei Gruppe 2. — 20 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

710.	jung	{ ?	5	6,5	7,5	9	—	—	—	7,00
		{ 6	6	8	—	—	—	—	—	6,66
711.	kurz vor der Blüte	{ 4	8	12	14	14	11	—	—	10,50
		{ ?	6,5	8,8	9	6	4	—	—	6,86
712.	in der Milchreife	{ 3,5	4	5	10	6	4	—	—	5,41
		{ 3	3,5	4,5	7,5	6	4,3	—	—	4,80

Bei Gruppe 3. — 40 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

713.	jung	{ 5	11	13	?	13	8	—	—	10,00
		{ 8	8,5	16,5	17	16	9	—	—	12,50
		{ ?	6	8	8	—	—	—	—	7,33
714.	kurz vor der Blüte	{ 4	7	11,5	14	13	12	8	—	9,92
		{ 6	7	7	4	—	—	—	—	6,00

Bei Gruppe 4. — 60 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Nro.	geerntet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	im Mittel
716.	jung	{ ?	7	11	10	—	—	—	—	9,33
		{ ?	9	11	14	15	—	—	—	12,22
717.	kurz vor der Blüte	{ 8	10	10	10	—	—	—	—	9,50
		{ 7	8	13	14	10	—	—	—	10,40
718.	in der Milchreife	{ 4	5,5	7	5,5	4,5	—	—	—	5,30
		{ ?	8	12	13	9	8	—	—	10,00

Als Durchschnitt sämtlicher Pflanzen, welche zu einer Gruppe gehörten, ergab sich hieraus:

Die mittlere Blattlänge und Blattbreite
bei einer konstanten Bodenfeuchtigkeit

von 10 Proz. der wasserf. Kraft des Sandes =	93,7 mm	und	5,60 mm
" 20 " " " " " " " " "	= 138,7	"	6,87 "
" 40 " " " " " " " "	= 166,3	"	9,10 "
" 60 " " " " " " " "	= 182,2	"	9,40 "

Demnächst wurde die Zählung der Gefäßsbündel in der Mitte jedes Blattes vorgenommen.

Man verfuhr hierbei, wie bei den folgenden Untersuchungen so dafs man das Blatt mit seiner Spitze an die Ligula umbog und an dieser als Mitte markirten Stelle ein 1 cm langes Stück des Blattes herauschnitt. Dieses Blattstück wurde dann durch Alkohol vom Chlorophyll befreit, mit Kali durchsichtig gemacht und so unter das Mikroskop gebracht.

Als Anzahl der Gefäßsbündel wurde gefunden bei

Gruppe 1. — 10 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Nro.	geerntet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	im Mittel
707.	jung	{ 15	20	20	—	—	—	—	—	18,66
		{ 17	23	25	—	—	—	—	—	21,66
708.	kurz vor der Blüte	{ 19	23	30	33	32	36	36	—	29,85
		{ 18	19	21	22	22	—	—	—	20,20
709.	in der Milchreife	{ 17	17	24	25	33	35	39	32	27,37
		{ ?	21	21	27	31	39	—	—	27,80
		{ 18	23	25	25	26	20	—	—	22,80

Gruppe 2. — 20 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Nro.	geerntet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	im Mittel
710.	jung	{ ?	18	24	30	35	—	—	—	26,75
		{ 18	23	30	—	—	—	—	—	23,66
711.	kurz vor der Blüte	{ 19	23	29	41	43	45	—	—	33,33
		{ ?	24	30	33	32	24	—	—	23,60
712.	in der Milchreife	{ 20	19	28	35	33	31	—	—	27,66
		{ 17	20	30	32	33	29	—	—	27,00

Gruppe 3. — 40 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

713.	jung	{ 22	28	36	?	40	37	—	—	32,60
		{ 32	32	43	45	41	39	—	—	39,00
		{ ?	20	32	32	—	—	—	—	23,00
714.	kurz vor der Blüte	{ 17	22	31	37	39	43	40	—	32,71
		{ 22	25	28	23	—	—	—	—	24,50

Gruppe 4. — 60 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

716.	jung	{ ?	23	29	31	—	—	—	—	27,66
		{ ?	21	31	39	47	—	—	—	34,50
717.	kurz vor der Blüte	{ 21	34	36	36	—	—	—	—	35,33
		{ 19	32	38	43	38	—	—	—	34,00
718.	in der Milchreife	{ 19	27	34	27	22	—	—	—	25,80
		{ ?	26	36	43	37	43	—	—	37,00

Die Zahl der Gefäßsbündel in einem Gerstenblatte und ihre Verteilung in dem Parenchymgewebe ist keine ganz zufällige, sondern unterliegt einer ziemlich strengen Regelmäßigkeit. Wenn man die Anordnung derselben von der Basis bis zur Spitze eines Blattes hin verfolgt, so findet man, daß sich die Gefäßsbündel zunächst ganz in dem Maße wie das Blatt nach seiner Mitte hin breiter wird, d. h. in dem Maße, wie sich die Anzahl der Parenchymzellen der Blattbreite nach vermehrt, verzweigen. Ein solcher Gefäßsbündelzweig ist anfangs schwach, wird aber bald durch neue Elemente verstärkt und gewinnt die volle Stärke der übrigen. Von dem Punkte an, von dem das Blatt nach der Spitze hin wieder schmaler und die Anzahl der Parenchymzellen geringer wird, zeigen sich auch die Gefäßsbündel wieder einfacher gebaut und vermindern ihre Anzahl, indem sich

die schwächeren allmählich an die stärkeren anlegen und mit denselben vereinigen.

Aus diesen Verhältnissen erklärt sich die Thatsache, dafs zu jedem Gefäfsbündel immer ganz nahezu gleichviel Parenchymzellen gehören, und dafs man aus der Zahl der Gefäfsbündel, die man in einem Blatte findet, mit ziemlicher Genauigkeit auf die Anzahl der Zellen überhaupt schliessen kann.

Eine Prüfung der aus den vier Gruppen unserer Versuchspflanzen entnommenen Exemplare ergab in dieser Beziehung keinen Unterschied und wir glauben uns darnach berechtigt, aus der vorstehenden Zählung der Gefäfsbündel schliessen zu dürfen, dafs die besser bewässerten Pflanzen in unserm Versuche zunächst immer bedeutend mehr Zellen erzeugten, als die schlechter bewässerten.

Als Durchschnitt sämtlicher Pflanzen, welche zu einer Gruppe gehörten, ergab sich

	als mittlere Anzahl der Gefäfsbündel pro Blatt
bei einer Bodenfeuchtigkeit von 10 Proz.	24,0
„ „ „ „ 20 „	27,8
„ „ „ „ 40 „	31,3
„ „ „ „ 60 „	32,4

Es geht aber noch weiter aus den Zahlen hervor, dafs die besser bewässerten Pflanzen nicht nur bedeutend mehr, sondern auch gröfsere Zellen erzeugten, als die schlechter bewässerten; denn wenn man die gefundenen Durchschnittszahlen der Gefäfsbündel mit den oben erhaltenen Mittelzahlen für die Blattbreiten vergleicht, so findet man, dafs die Menge der auf 1 mm Blattbreite fallenden Gefäfsbündel sich nicht überall gleich bleibt, sondern dafs sie bei den besser bewässerten immer kleiner ist, als bei den schlechter bewässerten.

Bei Gruppe 1., mit einer Bodenfeuchtigkeit von 10 Proz., fand man die mittlere Blattbreite = 5,60 mm und die durchschnittliche Anzahl der Gefäfsbündel = 24,0. Auf 1 mm Blattbreite kamen also im Mittel 4,30 Gefäfsbündel.

Bei Gruppe 2., mit einer Bodenfeuchtigkeit von 20 Proz., stellten sich diese Verhältnisse dagegen: mittlere Blattbreite = 6,87 mm, durchschnittliche Anzahl der Gefäfsbündel = 27,8; mithin pro 1 mm Blattbreite im Mittel 4,05 Gefäfsbündel.

Bei Gruppe 3., mit 40 Proz. Bodenfeuchtigkeit: mittlere Blattbreite = 9,10 mm, durchschnittliche Anzahl der Gefäßsbündel = 31,3; also pro 1 mm Blattbreite im Mittel 3,44 Gefäßsbündel.

Bei Gruppe 4., mit 60 Proz. Bodenfeuchtigkeit endlich: mittlere Blattbreite = 9,4 mm, durchschnittliche Anzahl der Gefäßsbündel = 32,4; mithin pro 1 mm Blattbreite im Mittel 3,44 Gefäßsbündel.

Je mehr also Bodenfeuchtigkeit gegeben worden war, und je besser sich infolgedessen die Pflanzen entwickelt hatten, desto weniger kamen auf 1 mm Blattbreite Gefäßsbündel und desto weniger kamen auch, da das Verhältnis zwischen beiden überall das gleiche war, auf 1 mm Parenchymzellen, d. h. desto größer waren sämtliche Zellenelemente.

Genau dieselben Verhältnisse wie die Gefäßsbündel und Parenchymzellen zeigten auch die Spaltöffnungen.

Bei dem Gerstenblatte gehören zu jedem Gefäßsbündel mit Ausnahme der beiden dem Blattrande zunächst liegenden regelmäsig zwei Reihen Spaltöffnungen. Es ist also leicht, die Zahl derselben auf einer gegebenen Blattfläche zu bestimmen und zwei verschiedene Blätter in dieser Richtung miteinander zu vergleichen.

An unseren Versuchspflanzen wurde gefunden als Anzahl der Spaltöffnungen pro Gefäßsbündel auf $\frac{1}{2}$ mm Blattlänge, Ober- und Unterseite:

Gruppe 1. — 10 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Nro.	geerntet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	im Mittel
707.	jung	{ 8,5	10,3	7,5	—	—	—	—	—	8,76
		{ 7	10	11	—	—	—	—	—	9,33
708.	kurz vor der Blüte	{ 8	8,8	6,3	6,1	6,2	7,5	5,8	—	6,95
		{ 7,7	9,9	8,9	7,9	8,3	—	—	—	8,54
709.	in der Milchreife	{ 7,4	7,4	6,1	6,9	6,8	7,0	6,6	8,4	7,07
		{ ?	8,8	7,5	8,1	6,7	6,9	—	—	7,60
		{ 12,1	9,7	8,1	9,9	7,7	7,3	—	—	9,13

Gruppe 2. — 20 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

710.	jung	{ ?	7,4	7	7	7,7	—	—	—	7,27
		{ 6,2	5	6,4	—	—	—	—	—	5,86
711.	kurz vor der Blüte	{ 6,7	6,9	5,3	6,5	8,2	6,7	—	—	6,71
		{ ?	5,9	6,1	7,3	9,1	8,7	—	—	7,42
712.	in der Milchreife	{ 6,8	6,7	7,6	8,0	6,5	7,7	—	—	7,21
		{ 5,5	6,1	6,5	6,2	6,2	7,2	—	—	6,30

Gruppe 3. — 40 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

Nro.	geerntet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	im Mittel
713.	jung	{ 6,5	6,8	7,6	?	7,6	10,2	—	—	7,74
		{ ?	?	?	?	7,2	6,5	—	—	6,85
		{ ?	6,8	6,2	5,8	—	—	—	—	6,26
714.	kurz vor der Blüte	{ 6,5	5,2	5,9	6,5	9,9	9,4	7,3	—	7,24
		{ 6,1	6,9	7,3	7,7	—	—	—	—	7,00

Gruppe 4. — 60 Proz. Bodenfeuchtigkeit.

716.	jung	{ ?	7,4	6,8	5,9	—	—	—	—	6,70
		{ ?	6	8	7	8,5	—	—	—	7,37
717.	kurz vor der Blüte	{ 6	6,4	6,3	6,2	—	—	—	—	6,22
		{ 4,8	6,4	7,1	7,1	7,6	—	—	—	6,60
718.	in der Milchreife	{ 5,9	6,3	5,9	7,3	8,3	—	—	—	6,72
		{ ?	6,5	7,4	8,5	8,2	6	—	—	7,32

Als Durchschnitt sämtlicher Pflanzen, welche zu einer Gruppe gehörten, ergibt sich hieraus für die

		Anzahl d. Spaltöffnungen pro Gefäßbündel auf 1 mm Blattlänge		
bei einer konstanten Bodenfeuchtigkeit von 10 Proz. . .	10	16,4		
„ „ „ „ „ „	20	13,6		
„ „ „ „ „ „	40	14,0		
„ „ „ „ „ „	60	13,6		

und multipliziert man diese Größen mit der mittleren Anzahl der Gefäßbündel, welche oben für je 1 mm Blattbreite nachgewiesen war, so erhält man als

		durchschnittliche Anzahl der Spaltöffnungen pro Quadrat- millimeter Blattfläche		
bei einer Bodenfeuchtigkeit von 10 Proz.	70,5			
„ „ „ „ „ „	20	55,1		
„ „ „ „ „ „	40	48,2		
„ „ „ „ „ „	60	46,8		

Eine direkte Messung der Schließzellen mehrerer Spaltöffnungen ergab als durchschnittliche Länge derselben in $\frac{1}{400}$ mm ausgedrückt:

Bei einer Bodenfeuchtigkeit von	10	Proz.	16,2
”	”	”	20
”	”	”	40
”	”	”	60
			16,9
			18,0
			19,3

Also die besser bewässerten Pflanzen enthielten pro Durchschnittsblatt oder Durchschnittspflanze mehr Spaltöffnungen, als die schlechter bewässerten, aber bei ersteren fanden sich pro Quadratmillimeter Blattfläche davon weniger und dafür gröfsere, als bei letzteren; alles konform den Verhältnissen der übrigen Zellenelemente.

Sämtliche Beobachtungen weisen demnach übereinstimmend darauf hin, dafs die stärkere Massenproduktion, welche eine konstant reichliche Bodenfeuchtigkeit und der dadurch gebotene leichte Wasserersatz zur Folge haben, auf zwei Ursachen zurückzuführen ist, auf eine stärkere Vermehrung und gleichzeitig auf eine bedeutendere Ausdehnung der Zellen.

Man wird es unter diesen Verhältnissen für wahrscheinlich halten müssen, dafs auch in den kleineren Zellen der schlechter bewässerten Pflanzen der flüssige Inhalt konzentrierter und der körnige (die Chlorophyllkörperchen) dichter gelagert ist.

Die wenigen analytischen Bestimmungen, die wir mit den Pflanzen der Nummern 701 bis 706 ausführten, widersprechen jedenfalls einer solchen Annahme nicht.

Wie wir oben zeigten, waren die Nummern 703 und 705, welche eine konstante Bodenfeuchtigkeit von 60 Proz. erhalten hatten, den Nummern 704 und 706, welche sich mit einer Bodenfeuchtigkeit von 20 Proz. begnügen mußten, in ihrer Entwicklung nicht nur der Masse, sondern auch der Zeit nach vorausgeeilt. Da nun bekanntermafsen bei einjährigen Pflanzen der Trockengehalt mit dem zunehmenden Alter stetig wächst, so hätte man erwarten müssen, dafs die Nummern 703 und 705 mehr Trockensubstanz enthielten, als die Nummern 704 und 706. Man hätte dies umsomehr erwarten müssen, weil das Absterben der Blätter bei ersteren am Tage der Ernte sehr merklich weiter vorgeschritten war, als bei letzteren. Statt dessen aber fand man umgekehrt von

Nro.	Wasser.			
	mit Bodenfeuchtigkeit Proz.	das Frischgewicht g	das Trockengewicht g	also Trockensubstanz Proz.
703.	60	43,723	11,527	26,3
704.	20	21,840	5,790	26,5
und von				
705.	60	56,203	20,606	36,6
706.	20	36,113	14,283	39,6

Aus diesen Befunden lassen sich die eigentümlichen, charakteristischen Unterschiede, die in Habitus und Form der mit verschieden hoher Bodenfeuchtigkeit erzogenen Pflanzen regelmäfsig zu beobachten waren, leicht und ungezwungen erklären.

Achtes Kapitel.

Verhältnis zwischen Wasserbedarf der Pflanzen und Regenfall.

Es kann wohl als bewiesen angesehen werden, dafs die Pflanzen nicht die Fähigkeit haben, das in der Atmosphäre dampfförmig vorhandene Wasser durch die Blätter aufzunehmen, und dann bleiben der Vegetation im grofsen und ganzen — wenn wir vorläufig von der späteren örtlich verschiedenen Verteilung der Bodenfeuchtigkeit infolge der eigentümlichen Schichtung und Lagerung der Gebirgsarten, der Flußläufe und ihrer Überschwemmungen etc. absehen — als einziger Ersatz für das durch Transpiration verlorene Wasser in letzter Instanz nur die meteorologischen Niederschläge übrig.

Man wird nicht leugnen, dafs ein Vergleich der letzteren mit dem ersteren ein Interesse hat, und wir halten es deshalb am Platze, hier die Beobachtungen einzuschalten, welche wir über den Regenfall in Dahme von Anfang Dezember 1858 bis Ende November 1873 nach der Methode der meteorologischen Stationen machten.

Es fielen:

Niederschläge in Millimetern.

Im meteorologischen Jahre	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
1859.	19,7	32,4	38,0	60,2	91,3	77,1	38,9	12,4	32,5	57,9	17,8	54,9
1860.	46,6	22,7	30,2	56,3	23,0	55,4	65,5	113,7	72,5	25,6	30,8	28,4
1861.	43,9	33,7	13,5	52,3	14,1	36,3	125,7	66,7	39,2	78,9	9,3	61,9
1862.	27,6	54,9	51,9	36,6	58,0	40,4	65,4	129,9	72,7	19,7	23,0	19,7
1863.	61,0	32,7	30,8	62,0	36,2	18,8	89,1	20,4	36,2	42,7	26,4	29,9
1864.	109,2	15,6	32,0	17,6	44,4	40,6	60,7	50,6	67,2	32,6	22,5	15,4
1865.	2,4	45,0	17,9	46,7	6,6	25,8	67,0	55,2	72,7	8,5	34,3	48,7
1866.	8,7	22,6	45,9	43,8	17,6	70,6	37,9	109,2	44,3	26,6	4,8	63,7
1867.	83,6	60,5	73,2	21,0	105,0	100,4	16,4	104,1	22,1	25,5	71,0	35,5
1868.	93,7	35,5	54,2	43,4	67,2	14,2	51,0	19,2	25,2	25,0	35,0	67,8
1869.	101,8	18,7	46,3	26,7	25,3	68,1	66,8	17,9	77,1	60,8	53,0	94,9
1870.	68,1	18,7	10,8	15,8	18,4	25,2	66,7	20,3	111,0	33,2	86,1	26,9
1871.	47,2	27,4	44,7	8,8	46,3	55,4	125,3	72,8	61,1	30,1	21,7	15,9
1872.	18,2	33,5	18,8	26,5	46,7	63,6	35,6	42,0	58,5	35,5	44,9	114,5
1873.	44,4	27,4	16,3	40,0	15,0	78,4	68,1	92,7	51,8	61,3	27,1	38,3
Im Mittel der 15 Jahre	52,1	32,1	35,0	37,1	41,0	51,3	65,3	61,8	56,3	37,6	33,8	47,8

d. i. im meteorologischen Winter	Wasser.				im ganzen Jahre
	Frühling	Sommer	Herbst		
1859.	90,1	228,6	83,8	130,6	533,1
1860.	99,5	134,7	251,7	84,8	570,7
1861.	91,1	102,7	231,6	150,1	575,5
1862.	134,4	135,0	268,0	62,4	599,8
1863.	124,5	117,0	145,7	99,0	486,2
1864.	156,8	102,6	178,5	70,5	508,4
1865.	65,3	79,1	194,9	91,5	430,8
1866.	77,2	132,0	191,4	95,1	495,7
1867.	217,3	226,4	142,6	132,0	718,3
1868.	188,4	124,8	95,4	127,8	536,4
1869.	166,8	120,1	161,8	208,7	657,4
1870.	97,6	59,4	198,0	146,2	501,2
1871.	119,3	110,5	259,2	67,7	556,7
1872.	70,5	136,8	136,1	194,9	538,3
1873.	88,1	133,4	212,6	126,7	560,8
Im Mittel der 15 Jahre	119,1	129,5	183,4	119,2	551,2

Man gestatte uns hier folgende kurze Betrachtung:

Nach den Ermittlungen des preussischen statistischen Bureaus berechnete sich aus den in den Erdrushtabellen von 1859 bis 1876 mitgetheilten Erntemengen eine Mittelernthe der Gerste in der Provinz Brandenburg zu 1321 kg Körner und 2110 kg Stroh pro Hektar *).

Freilich beziehen sich diese Zahlen nur auf Gerste überhaupt, also auf die zwei- und die vierzeilige (die große und die kleine) zusammen und sind deshalb für die letztere allein etwas zu hoch.

Andererseits aber liegen genügende Gründe vor, anzunehmen, daß die von dem statistischen Bureau bis zum Jahre 1876 nach unvollkommener Methode gesammelten Ernteberichte in ihren Angaben etwas hinter der Wahrheit zurückbleiben.

Rechnen wir hierzu, daß die Dahmenser Gegend keineswegs zu den schlechtesten Lagen der Provinz Brandenburg gehört, so glauben wir nicht erheblich zu irren, wenn wir für dieselbe als eine Mittelernthe der kleinen Gerste pro Hektar

*) Zeitschrift des königl. preuss. statist. Bureaus, 18. Jahrg., S. 401.

1280 kg Körner und
1800 kg Stroh

d. i. in Sa. 3080 kg

annehmen.

(Es entspricht dies nach den alten Mafsen genau einer Ernte von 10 Scheffeln pro Morgen.)

In dieser Angabe ist aber nur das enthalten, was an gedroschenem Stroh in die Scheune und was an Körnern als verkäufliche Waare auf den Boden kommt.

Nicht inbegriffen darin sind die stärkeren unteren Teile des Halmes, die als Stoppeln auf dem Felde bleiben, nicht die Blätter und Spreuteile, die verloren gehen, und nicht der recht ansehnliche Teil der Körner, der von Vögeln, Hamstern und anderem Getier ausgefressen, der bei den Erntearbeiten ausgeschlagen, beim Dreschen im Stroh geblieben und beim Putzen als leichtes Hinterkorn ausgeschieden ist.

Wir glauben eher zu niedrig als zu hoch zu schätzen, wenn wir alle diese Verluste zusammen auf ein Viertel der eingeheimsten Ernte taxieren und demgemäß sagen, zu einer Mittelernnte von 10 Scheffeln pro Morgen müssen auf einem Hektar in Summa $3080 + 770 = 3850$ kg lufttrockne oberirdische Pflanzensubstanz erzeugt werden.

Lufttrockne oberirdische Pflanzensubstanz, denn die Erntemasse, die der Landwirt trocken nennt, enthält immer noch eine erkleckliche Menge hygroskopischer Feuchtigkeit.

Setzen wir die letztere auf Grund zahlreicher Analysen durchschnittlich = 14 Proz., so ergibt sich, dafs zur Produktion einer Mittelernnte von der oben angenommenen Höhe die Gerstpflanzen, welche auf einem Hektar stehen, während ihrer Vegetationszeit in Summa 3311 kg, oder sagen wir rund 3300 kg oberirdische Trockensubstanz bilden müssen.

Die von uns im fünften Kapitel dieses Abschnittes mitgeteilten Beobachtungen hatten ergeben, dafs die kleine Gerste unter den klimatischen Verhältnissen von Dahme während ihrer Vegetationszeit für jedes Kilogramm oberirdische Trockensubstanz, welches sie produziert, durchschnittlich 310 kg Wasser zur Transpiration verbraucht*).

*) Siehe S. 646.

Berechnen wir hiernach den Wasserbedarf unserer obigen Mittel-
ernte, so finden wir denselben pro Hektar zu $3300 \times 310 = 1\,023\,000$ kg
oder Liter Wasser.

1 023 000 kg Wasser pro Hektar aber entsprechen, da die Fläche
eines Hektars 10 000 qm umfaßt, einer Regenhöhe von 102,3 mm.

Man kann also sagen: eine Gerstenernte, welche einen Ertrag
von 10 Scheffeln pro Morgen bringt, verbraucht während der Vege-
tationszeit in einem meteorologischen Durchschnittsjahre lediglich
durch Transpiration etwas mehr als 100 mm Regen. Eine Ernte
von 20 Scheffeln erfordert hierzu etwa doppelt, eine solche von
5 Scheffeln halb soviel.

Stellen wir jetzt neben diese Forderung die Regenmengen, welche
nach unseren direkten Messungen während der Vegetationszeit der
Gerste in Dahme fielen.

Unsere Versuchsgersten lebten von dem Auflaufen bis zum Tage
der Ernte gerechnet im Durchschnitte der verschiedenen Jahre
79 Tage. Zählen wir die letzten drei oder vier Tage, in welchen die
schon abgestorbenen Pflanzen nur noch vollständig austrockneten,
nicht mit, so umfaßt die Vegetationszeit derselben durchschnittlich
 $2\frac{1}{2}$ Monate, und zwar rechnen wir dieselbe wohl am zweckmäßigsten
von Mitte Mai bis Ende Juli.

In dieser Zeit aber fielen nach der vorstehenden Tabelle

im Durchschnitte der Jahre 1859 bis 1873	152,8 mm Regen
im günstigsten derselben aber und zwar in 1871	225,8 „ „
und im ungünstigsten, d. h. in 1868 nur	77,3 „ „

Bei dieser Berechnung haben wir bisher nur die Transpiration
der Pflanzen in Erwägung gezogen und den Verlust an Bodenfeuch-
tigkeit, der durch die unausgesetzte Verdunstung des Bodens an sich
erwächst, noch nicht berücksichtigt. Um aber die Frage, ob ein be-
stimmter Regenfall zur Produktion einer Mittelenernte genügt oder
nicht genügt, rechnungsmäßig zu entscheiden, müßte jedenfalls auch
dieser Faktor mit hinzugezogen werden.

Leider fehlen uns die genügenden experimentellen Unterlagen, um
dies hier zu thun. Unsere Kulturgefäße waren verhältnismäßig klein,
der darin enthaltene Quarzsand oder Gartenboden wurde durch das
häufige Begießen fast immer bis zur Oberfläche hin feucht erhalten
und nahm, wie früher gezeigt wurde, zeitweise eine Temperatur an,
welche die Bodenwärme im Freien ansehnlich überstieg. Alle diese

Umstände erlauben es nicht, die Beobachtungen, die wir gelegentlich zu anderen Zwecken über die Mengen des aus dem Boden unserer Kulturgefäße verdunstenden Wassers machten, auf das freie Feld zu übertragen.

Aber soviel steht doch fest, daß die Wasserverdunstung aus dem Boden auch auf einem mit Pflanzen bestandenen Felde niemals ruht, oder daß sie erst dann aufhört, wenn die Feuchtigkeit in demselben bis zu einem Grade gesunken ist, bei dem das Pflanzenleben schon längst nicht mehr möglich ist. Ferner ist anzunehmen, daß die Wasserverdunstung aus dem Boden in der Zeit von Mitte Mai bis Ende Juli, d. h. so ziemlich in der heißesten Zeit des Jahres eine ganz erhebliche Größe darstellt.

Auf Grund dieser Erwägungen wird es mindestens sehr wahrscheinlich, daß unter den von uns beobachteten Verhältnissen der mittlere Regenfall während der Vegetationszeit zu einer Durchschnittsernte durch Pflanzentranspiration und Bodenverdunstung gerade aufgebraucht wurde.

Und ganz direkt beweisen die von uns gegebenen Zahlen, daß in einigen von unseren 15 Beobachtungsjahren der während der Vegetationszeit der Gerste gefallene Regen weitaus nicht genügte, um nur den Transpirationsbedarf einer Mittelernte, geschweige denn gleichzeitig die Bodenverdunstung zu decken, sowie daß selbst in den regenreichsten derselben nicht soviel Niederschläge fielen, wie eine Ernte von 20 bis 24 Scheffeln, die ja in bevorzugteren Gegenden nicht eben etwas so Seltenes ist, erfordert.

Diese kurze Betrachtung wird, wie wir hoffen, genügen, um die Wichtigkeit, welche die mittlere Regenhöhe eines Ortes für den Ausfall der Ernten unter Umständen gewinnen kann, deutlich zu machen.

Wie verschieden aber der Regen je nach Seenähe, relativer Erhebung über das Meeresniveau etc. in unserem Vaterlande verteilt ist, mögen folgende Zahlen noch zeigen, die wir anhangsweise hier beifügen.

Nach den Beobachtungen der deutschen meteorologischen Stationen in den 23 Jahren von 1848 bis inklus. 1870 betrug der jährliche Regenfall im Durchschnitte*):

*) S. Preussische Statistik XV, Regenhöhe veröffentlicht von Dove. Berlin 1871.

An der Ostseeküste	662,0 mm
In der Provinz Schleswig-Holstein	706,2 "
" " " Westpreußen	533,2 "
" " " Pommern	530,3 "
" " " Posen	509,3 "
" " " Brandenburg	553,2 "
Im Großherzogtume Mecklenburg	504,0 "
In der schlesischen Ebene	548,9 "
Im schlesischen Gebirge	692,7 "
In der Provinz Sachsen und in Thüringen	590,4 "
Im Harze	924,3 "
In der Provinz Hannover	683,3 "
" " " Rheinland	651,8 "
" " " Westfalen	781,5 "
Im Königreiche Sachsen	620,1 "
" " " Württemberg	762,8 "
" " " Bayern	859,7 "
Im Großherzogtume Baden	893,7 "

Und an den folgenden neun Stationen, die alle innerhalb eines Kreises von weniger als 15 Meilen Halbmesser liegen, wurde in denselben Jahren die mittlere jährliche Regenhöhe wie folgt gefunden:

In Mühlhausen	403,0 mm
" Bernburg	446,4 "
" Halle	544,9 "
" Gotha	608,3 "
" Wernigerode	709,0 "
" Koburg	930,5 "
" Ballenstedt	952,5 "
Auf dem Brocken	1237,5 "
In Klausthal	1491,4 "

Neuntes Kapitel.

Verhalten des Bodens gegen das gasförmige Wasser der Atmosphäre.

Kann es als ausgemacht gelten, daß die Pflanzen das gasförmige Wasser durch die Blätter nicht aufzunehmen vermögen, so steht es anderseits fest, daß der trockne Boden die Fähigkeit hat, daselbe unter gewissen Umständen zu absorbieren und in sich zu verdichten.

Es ist die Frage, ob der hierdurch zu erlangende Gewinn an Bodenfeuchtigkeit so bedeutend werden kann, daß er einen merklichen Einfluß auf die Pflanzenvegetation auszuüben vermag.

Wir machten in dieser Richtung gelegentlich folgenden Versuch:

Ein gut gearbeiteter Glascylinder von 16 cm Höhe und 5 cm lichter Weite wurde in der Mitte durchgeschnitten und gab dadurch zwei kleinere Cylinder A. und B. von halber Höhe und absolut gleicher Schnitt- resp. Oberfläche. Indem man nun ferner auf die eine Grundfläche der letzteren ein passend geschnittenes rundes Stück feiner Leinwand aufklebte und dann noch eine Glasplatte, die von der Größe der Grundfläche des Cylinders hergestellt war und an diesem durch ein mit drei federnden Handhaben versehenes Drahtnetz aus versilbertem Kupfer festgehalten wurde, hinzufügte, hatte man zwei durchaus gleiche kleine Glasgefäße, deren Boden durch Abheben oder Aufsetzen der Glasplatte ganz nach Belieben als undurchlassend oder durchlässig zu gebrauchen war.

Die so hergerichteten Apparate wurden mit je 185 g lufttrockner Erde (entsprechend 182,3 g trockenem Boden) gefüllt und zwar mit der durch ein Sieb von 1 mm Maschenweite gewonnenen Feinerde unseres Gartenbodens.

Da es bekannt war, daß das Verhalten des Bodens gegen das Wasser in lockerem und festem Zustande ein wesentlich verschiedenes ist, so schien es angezeigt, hier diesem Umstande gleich mit Rechnung

zu tragen und wurde deshalb die lufttrockne Erde in Cylinder A. lose eingefüllt, durch Schütteln und wiederholtes leises Aufstoßen die Bildung von hohlen Zwischenräumen verhindert und endlich durch leises Festdrücken der Oberfläche vollständig geebnet. Im Cylinder B. dagegen wurde die Erde zunächst tüchtig angefeuchtet und dann mit Hilfe eines passenden Stempels fest eingestampft. So oft sich bei dem nachfolgenden langsamen Austrocknen Risse zeigten, wurden dieselben durch erneutes Stampfen beseitigt und dadurch erreicht, daß schließlich die Oberfläche auch dieses Bodens eben und mit Ausnahme einiger weniger feiner Haarrisse vollkommen geschlossen erschien. Die Erde hatte im Cylinder A. etwa die Konstitution eines gut hergerichteten Saatstückes und im Cylinder B. die einer alten harten Kleebrache.

Im Cylinder A. nahm die ganze Bodenschicht eine Höhe von 77 mm, im Cylinder B. dagegen von nur 67 mm ein.

Vor Beginn des Versuchs wurden nun die beiden Proben zunächst durch wochenlanges Verweilen im Trockenschranke und Exsiccator soweit ausgetrocknet, bis sie keine Gewichtsveränderung mehr zeigten, und dann in Bedingungen gebracht, unter denen sie nach Belieben Feuchtigkeit aus der Atmosphäre aufsaugen konnten.

Diese Bedingungen bestanden einfach darin, daß man die beiden Cylinder unter eine hohe tubulierte Glocke über eine mit Wasser gefüllte Schale stellte.

Ein durch den Tubulus der Glocke geführtes Thermometer erlaubte die Beobachtung der Temperatur, die innerhalb derselben herrschte.

Sofort nach Überführung der Gefäße in die feuchte Luft der Glocke begann die Absorption des Wasserdampfes und wurde die Größe derselben durch wiederholtes Wägen der beiden Cylinder, anfangs in kürzeren, später in längeren Zeitintervallen, wie folgt ermittelt:

Cylinder A. mit lockerem Boden.

Nachdem er in feuchter Luft verweilt hatte			wog	hatte mithin zugenommen		die Wasserabsorption vom Beginne des Versuchs an betrug	
Stunden	bei ° C.	g	überhaupt	pro Stunde	nach Stunden	g	
	0	—	243,35	—	—	—	
	1/12	20	243,37	0,02	240	1/12	0,02
weitere	1/4	20	243,40	0,03	120	1/3	0,05
"	1	20	243,47	0,07	70	1 1/3	0,12
"	4	19	243,70	0,23	57	5 1/3	0,35
"	25	18—20	244,65	0,95	38	30 1/3	1,30
"	29 2/3	17—19	245,30	0,65	22	60	1,95
"	43	17—20	245,94	0,64	15	103	2,59
"	50	7—9	246,30	0,36	7	153	2,95
"	47	7—10	246,55	0,25	5	200	3,20
"	42	8—10	246,77	0,22	5	242	3,42
"	70	7—9	247,08	0,31	4	312	3,73
"	96	8—12	247,45	0,37	4	408	4,10
"	96	10—13	247,80	0,35	3	504	4,45
"	192	12—16	248,32	0,52	3	696	4,97
"	108	7—9	248,50	0,18	2	804	5,15
"	92	4—8	248,65	0,15	2	896	5,30

Cylinder B. mit festem Boden.

Nachdem er in feuchter Luft verweilt hatte			wog	hatte mithin zugenommen		die Wasserabsorption vom Beginne des Versuchs an betrug	
Stunden	bei ° C.	g	überhaupt	pro Stunde	nach Stunden	g	
	0	—	254,12	—	—	—	
	1/12	20	254,14	0,02	240	1/12	0,02
weitere	1/4	20	254,17	0,03	120	1/3	0,05
"	1	20	254,22	0,05	50	1 1/3	0,10
"	4	19	254,40	0,18	45	5 1/3	0,28
"	25	18—20	255,16	0,76	30	30 1/3	1,04
"	29 2/3	17—19	255,71	0,55	18	60	1,59
"	43	17—20	256,28	0,57	13	103	2,16
"	50	7—9	256,60	0,32	7	153	2,48
"	47	7—10	256,85	0,25	5	200	2,73
"	42	8—10	257,05	0,20	5	242	2,93
"	70	7—9	257,36	0,31	4	312	3,24
"	96	8—12	257,72	0,36	4	408	3,60
"	96	10—13	258,05	0,33	3	504	3,93
"	192	12—16	258,58	0,53	3	696	4,46
"	108	7—9	258,76	0,18	2	804	4,64
"	92	4—8	258,91	0,15	2	896	4,79

Die Beobachtungen zeigen, daß die Absorption des Wassergases durch vollkommen trocknen Boden in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre anfangs eine sehr energische und rasche ist, daß die Energie derselben aber bald geringer wird und nach einiger Zeit zu einem Minimum herabsinkt.

Ungefähr die Hälfte des Wassers, welches die beiden Bodencylinder in der Zeit von circa 700 Stunden absorbierten, wurde in den ersten 100 Stunden von ihnen aufgenommen.

In den letzten 200 Stunden (St. 696 bis 896) betrug die Gewichtszunahme der beiden Cylinder in Summa nur je 0,33 g, und es ist kein Zweifel, daß dieselbe nicht mehr als eine Äußerung der hygroskopischen Kraft der Erden, sondern vielmehr als eine Folge der Taubildung in dem mit Feuchtigkeit gesättigten Raume bei wechselnder und wiederholt sinkender Temperatur aufzufassen ist. Jedenfalls bemerkte man, als die Cylinder nach der oben zuletzt mitgeteilten Wägung wieder in den feuchten Raum gebracht wurden, daß nach einiger Zeit die Innenseite der Glocke beschlagen war, und bei genauerer Besichtigung überzeugte man sich, daß ebenso auf den Glaswandungen der beiden Cylinder und selbst auf der Bodenoberfläche ein leichter Überzug von Wassertröpfchen vorhanden war.

Dieser Tau blieb von jetzt an konstant und verschwand auch nicht, als man den ganzen Apparat in ein geheiztes Wohnzimmer überführte, ein sicheres Zeichen, daß die volle hygroskopische Sättigung der Erden erreicht oder vielmehr schon überschritten war.

Einige weitere Wägungen, die man noch vornahm, die aber durch den Umstand unsicher wurden, daß man die beschlagenen Cylinder erst abwischen mußte und bis zum oberflächlichen Abtrocknen an der Luft stehen liefs, lieferten folgende Zahlen:

Cylinder A. mit lockerem Boden.

	Nachdem er in feuchter Luft verweilt hatte		wog g	hatte mithin zugenommen		die Wasseraufnahme vom Beginne des Versuchs an betrug	
	Stunden	bei °C.		überhaupt g	pro Stunde mg	nach Stunden	g
weitere	114	13—16	248,81	0,16	1,4	1010	5,46
„	96	15—20	248,74	—0,07	—0,7	1106	5,39
„	98	14—19	248,80	0,06	0,6	1204	5,45
„	142	12—16	249,06	0,26	1,8	1346	5,71

Cylinder B. mit festem Boden.

weitere	114	13—16	259,09	0,18	1,6	1010	4,97
„	96	15—20	259,14	0,05	0,5	1106	5,02
„	98	14—19	259,24	0,10	1,0	1204	5,12
„	142	12—16	259,46	0,22	1,5	1346	5,34

Bei der letzten Wägung wurde auf der Oberfläche beider Bodencylinder, die, wie erwähnt, während der letzten Versuchsperiode infolge der Taubildung immer feucht erschien, das Auftreten von den weissen Mycelfäden eines Schimmelpilzes bemerkt, und damit hielt man es für geboten, den Versuch in dieser Richtung zu beenden.

Nach allem wird man annehmen müssen, daß die Hygroskopizität unserer Bodencylinder schon längere Zeit vor Beendigung dieser Wägungsreihe vollständig gesättigt war.

Das Maximum der Absorption von gasförmigem Wasser vermag aber der Boden nur in einer mit Wasserdampf absolut gesättigten Umgebung zu erreichen, und unsere Atmosphäre nimmt einen solchen Zustand nur ausnahmsweise vorübergehend an. Durchschnittlich beträgt die relative Feuchtigkeit der Luft (wenn man die volle Sättigung derselben mit Wassergas durch die Zahl 100 bezeichnet) nicht mehr als 70 bis 75 Proz. und bewegt sich um diesen Punkt mit bedeutenden Schwankungen im entgegengesetzten Sinne mit der steigenden oder fallenden Temperatur.

Im Freien wird also der Boden infolge seiner Hygroskopizität niemals das gasförmige Wasser der Atmosphäre bis zu der Höhe aufnehmen, wie in unserem Versuche, oder wenn einmal ausnahmsweise

die äußerste Schicht der Oberfläche sich bis zu demselben Grade mit Wassergas sättigte, würde sie daselbe bei der nächsten Steigerung der Temperatur und bei dem ersten Sinken der relativen Luftfeuchtigkeit zum Teil wieder verlieren.

Dieses Verhalten des Bodens werden die Resultate folgender Wägungen, die wir mit unseren beiden Cylindern unter veränderten Versuchsbedingungen noch vornahmen, etwas näher illustrieren.

Nach Beendigung der vorstehend mitgetheilten Versuchsreihe wurde eine zweite Glocke hergerichtet, in welche man eine Schale mit Chlorcalcium stellte und dadurch ein Raum gewonnen, in welchem die Luft nahezu absolut trocken war.

Von jetzt ab brachte man die Cylinder je einen bis zwei Tage lang abwechselnd in den trocknen und in den feuchten Raum und fand:

Cylinder A. mit lockerem Boden.

Nachdem er verweilt hatte		wog g	hatte		enthielt Wasser	
Stunden	in		zugewonnen g	abgenommen g	g	g
—	—	249,06	—	—	5,71	5,71
25	trockner Luft	247,87	—	1,19	—	4,52
25	feuchter „	248,24	0,37	—	4,89	—
24	trockner „	247,28	—	0,96	—	3,93
24	feuchter „	247,70	0,42	—	4,35	—
24	trockner „	246,90	—	0,80	—	3,55
24	feuchter „	247,35	0,45	—	4,00	—
24	trockner „	246,54	—	0,81	—	3,19
24	feuchter „	247,07	0,53	—	3,72	—
24	trockner „	246,37	—	0,70	—	3,02
24	trockner „	246,00	—	0,37	—	2,65
24	feuchter „	246,57	0,57	—	3,22	—
24	feuchter „	246,88	0,31	—	3,53	—
24	trockner „	246,17	—	0,71	—	2,82
24	trockner „	245,80	—	0,37	—	2,45
48	trockner „	244,90	—	0,90	—	1,55
48	feuchter „	245,66	0,76	—	2,31	—

Cylinder B. mit festem Boden.

Nachdem er verweilt hatte		wog	hatte		enthielt Wasser	
Stunden	in		zugewonnen	abgenommen	g	g
		g	g	g		
—	—	259,46	—	—	5,34	5,34
25	trockner Luft	258,57	—	0,89	—	4,45
25	feuchter „	258,87	0,30	—	4,75	—
24	trockner „	258,19	—	0,68	—	4,07
24	feuchter „	258,50	0,31	—	4,38	—
24	trockner „	257,88	—	0,62	—	3,76
24	feuchter „	258,22	0,34	—	4,10	—
24	trockner „	257,60	—	0,62	—	3,48
24	feuchter „	257,96	0,36	—	3,84	—
24	trockner „	257,47	—	0,49	—	3,35
24	trockner „	257,17	—	0,30	—	3,05
24	feuchter „	257,55	0,38	—	3,43	—
24	feuchter „	257,76	0,21	—	3,64	—
24	trockner „	257,23	—	0,53	—	3,11
24	trockner „	256,93	—	0,30	—	2,81
48	trockner „	256,15	—	0,78	—	2,03
48	feuchter „	256,81	0,66	—	2,69	—

Man sieht, daß der Boden bei wechselndem Verweilen in trockner und feuchter Luft innerhalb 24 oder 48 Stunden immer mehr Wasser verlor, als er in der gleichen Zeit aufnahm, daß er also einen Teil des absorbierten Wasserdampfes verhältnismäßig leicht wieder abgab.

Die Differenz zwischen der Wasseraufnahme und Wasserabgabe war anfänglich bedeutend, wurde bei jedem folgenden Wechsel geringer und näherte sich allmählich einem Gleichgewichtspunkte, der vollständig erreicht wurde, als man in dem Experimente folgende Veränderung traf, welche die Verhältnisse den im Freien herrschenden Zuständen noch näher brachte:

Während bei den vorgenannten Wägungen die Apparate beide in einem geheizten Wohnzimmer gestanden hatten, dessen Temperatur von 12 bis 20° C. schwankte, liefs man jetzt nur die mit trockner

Luft versehene Glocke in diesem Raume stehen und brachte die mit feucht gehaltener Luft in eine ungeheizte Kammer über. Den Stand der Bodencylinder wechselte man jetzt rascher und zwar brachte man sie bei Tage unter die trockne Glocke im warmen Zimmer und bei Nacht unter die feuchte im kühlen Raume. Die Temperatur schwankte in ersterem von 17 bis 21° C., in letzterem von 8 bis 10° C.

Die Wägungsergebnisse stellten sich wie folgt:

Cylinder A. mit lockerem Boden.

Nachdem er verweilt hatte		wog g	hatte		enthielt Wasser	
Stunden	in		zugenommen g	abgenommen g	g	g
—	—	245,66	—	—	2,31	2,31
11	kühl feuchter Luft	246,11	0,45	—	2,76	—
11	warm trockner „	245,77	—	0,34	—	2,42
12	kühl feuchter „	246,14	0,37	—	2,79	—
12 ³ / ₄	warm trockner „	245,73	—	0,41	—	2,38
11 ³ / ₄	kühl feuchter „	246,06	0,33	—	2,71	—
11 ³ / ₄	warm trockner „	245,74	—	0,32	—	2,39
13	kühl feuchter „	246,09	0,35	—	2,74	—
13 ³ / ₄	warm trockner „	245,67	—	0,42	—	2,32
12	kühl feuchter „	246,05	0,38	—	2,70	—

Cylinder B. mit festem Boden.

Nachdem er verweilt hatte		wog g	hatte		enthielt Wasser	
Stunden	in		zugenommen g	abgenommen g	g	g
—	—	256,81	—	—	2,69	2,69
11	kühl feuchter Luft	257,11	0,30	—	2,99	—
11	warm trockner „	256,85	—	0,26	—	2,73
12	kühl feuchter „	257,15	0,30	—	3,03	—
12 ³ / ₄	warm trockner „	256,82	—	0,33	—	2,70
11 ³ / ₄	kühl feuchter „	257,07	0,25	—	2,95	—
11 ³ / ₄	warm trockner „	256,81	—	0,26	—	2,69
13	kühl feuchter „	257,07	0,26	—	2,95	—
13 ³ / ₄	warm trockner „	256,75	—	0,32	—	2,63
12	kühl feuchter „	257,03	0,28	—	2,91	—

Fassen wir die Resultate des Versuchs kurz zusammen, so gelangen wir zu folgenden Schlussfolgerungen.

Unsere Bodencylinder absorbierten das gasförmige Wasser aus einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft, also unter den günstigsten Umständen, nur während der ersten 150 Versuchsstunden mit einer merklichen, anfangs größeren, später geringeren Energie, d. h. bis zu einem Punkte, wo sie $2\frac{1}{2}$ bis 3 g Wasser aufgenommen hatten.

Von da an war die Wasserabsorption nur noch eine sehr langsame und geringe. Sie betrug pro Cylinder und Stunde nur noch von 5 bis 2 mg, oder — da unsere Cylinder eine lichte Oberfläche von je 19,5 qcm hatten — pro Quadratcentimeter Oberfläche und Stunde $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{10}$ mg.

Es ist anzunehmen, dafs, wenn nicht die ganze spätere Wasseraufnahme, so doch ein großer Teil derselben überhaupt nicht mehr als eine Absorption von Wassergas infolge der hygroskopischen Eigenschaften des Bodens zu deuten, sondern als eine Wirkung der Taubildung anzusehen ist, die eintreten mußte, sobald sich die mit Feuchtigkeit gesättigte Luft unter unserer Glocke infolge der äußeren Temperaturschwankungen etwas abkühlte und der Boden nicht mehr so viel Wasser band, um die relative Feuchtigkeit derselben auf 100 Proz. zu erhalten.

Die zuletzt von unseren Bodencylindern aufgenommenen Wassermengen wurden leicht und verhältnismäßig schnell wieder abgegeben, wenn die ersteren abwechselnd in eine trockne und feuchte Umgebung gebracht wurden und die Bodencylinder hielten unter diesen Verhältnissen nicht mehr als $2\frac{1}{2}$ bis 3 g Wasser dauernd fest.

Da unsere beiden Bodencylinder je 182,3 g trocknen Boden enthielten und die wasserfassende Kraft unseres Gartenbodens 42 Proz. betrug, so entsprachen $2\frac{1}{2}$ bis 3 g Wasser: $1\frac{1}{3}$ bis $1\frac{2}{3}$ Proz. des trocknen Bodens und $3\frac{1}{4}$ bis 4 Proz. der wasserfassenden Kraft desselben.

Erinnern wir uns hierbei, dafs nach den in den vorhergehenden Kapiteln mitgeteilten Beobachtungen in einem Boden, welcher 5 Proz. seiner wasserfassenden Kraft Feuchtigkeit enthielt, sich das Pflanzenleben überhaupt noch unmöglich erwies, und dafs selbst eine Bodenfeuchtigkeit von 10 Proz. der wasserfassenden Kraft nicht ausreichte, um nur den notwendigsten Wasserbedarf der Pflanzen zu decken, so kommt man zu dem Schlusse, dafs kein Grund vorliegt, der Absorp-

tionskraft des trocknen Bodens für Wassergas eine Bedeutung für die Pflanzenvegetation beizulegen.

Der geschlossene und der lockere Boden verhielten sich hierbei nur insofern verschieden, als die Wasserbewegung in ersterem sichtlich langsamer und schwieriger vor sich ging als in letzterem.

Der Cylinder B. mit festem Boden nahm in der feuchten Luft während einer gegebenen Zeit etwas weniger Wasser auf, als der Cylinder A. mit lockerem Boden. Ebenso verlor er bei wechselndem Verweilen in trockner und feuchter Atmosphäre während der gleichen Zeit weniger, und endlich waren die Schwankungen seines Wassergehalts unter den letzteren Verhältnissen überhaupt und immer wesentlich geringer.

Zehntes Kapitel.

Verteilung des Regenfalls im Boden. — Wasserfassende Kraft des Bodens.

Der einzige Ersatz für das von den Pflanzen transpirierte Wasser wird in letzter Instanz durch den Regen geschaffen.

Der während der Vegetationszeit einer Pflanze fallende Regen reicht in einzelnen Jahren nicht für die Bedürfnisse einer Mittelernte aus und genügt in vielen Gegenden durchschnittlich nicht zur Bildung einer Maximalernte.

Rechnet man hinzu, daß der Regen immer in sehr wechselnder Stärke und höchst unregelmäßigen Zwischenräumen, öfter mit wochenlangen Pausen fällt, so wird sofort die entscheidende Bedeutung klar, die der Boden als Sammler, Erhalter und Verteiler des Regens für den Ausfall der Ernten hat.

Zwar ist gerade dieses Kapitel der Bodenkunde in der neueren Zeit vielfach und mit Erfolg behandelt worden, wir halten es aber dennoch nicht für unbedingt überflüssig, hier ein paar Versuche mit-

zuteilen, die wir über die Verteilung des Regens in einigen Bodenarten, welche uns spezieller interessierten, ausführten und die immerhin noch als weitere Belege zu dieser Frage dienen können.

Der Boden der nächsten Umgebung von Dahme gehört der norddeutschen Diluvialebene an. Die gewöhnlichsten Bodenprofile (nach der Orthschens Bezeichnungsweise) sind:

<u>Lehmiger Sand</u>	und:	<u>Schwach lehmiger Sand</u>
Sand		Sand
ferner: <u>lehmiger Sand</u>	und seltener:	<u>lehmiger Sand</u>
Sand		Lehm
<u>Lehm</u>		<u>Mergel</u>
Mergel		

dann bloßer Diluvialsand, der stellenweise bis zu 50 und mehr Meter Tiefe aufgeschlossen ist, und einzelne Partien alluvialer Bildung.

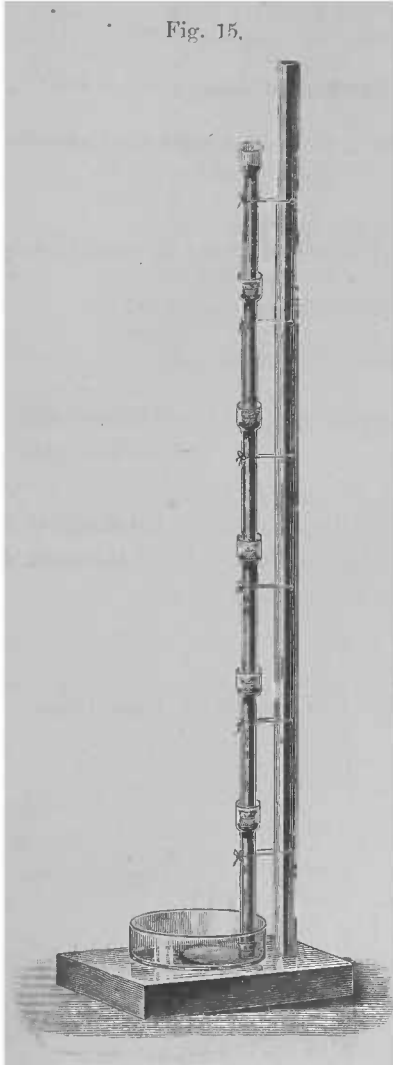
Wir wählten zunächst das erste Profil (mittlerer Teil der Galgenbreite der Domäne Dahme) als Untersuchungsobjekt und entnahmen größere Bodenquantitäten

- a. aus der Ackerkrume, lehmiger Sand mit Humus gemengt,
- b. aus einer Tiefe von 50 bis 60 cm, lehmiger Sand ohne Humusbeimischung und etwas feiner im Korn als a. und
- c. aus einer Tiefe von 70 bis 80 cm, gröberer Diluvialsand.

Diese Bodenproben wurden zunächst gesiebt und zwar die Proben a. und b. durch ein Drahtsieb von 1 mm, die Probe c. aber durch ein solches von 2 mm Maschenweite, und dann noch jede für sich mehrmals sorgfältig gewendet und gemengt.

Sodann nahm man 12 gewöhnliche Lampencylinder (mit Kropf), überband die enge Öffnung derselben mit einer festen, aber feinen und grobmaschigen Gaze, die man, um das Faulen derselben zu verhindern, vorher mit Paraffin getränkt hatte, und drückte nun den Boden in dem mäfsig feuchten Zustande, in welchem man ihn von dem Felde genommen hatte, mittels eines Holzstempels ziemlich fest in die Cylinder ein.

Stellte man jetzt die Cylinder in- resp. aufeinander, so konnte man dadurch zusammenhängende und leitende Bodensäulen von beliebiger Höhe bilden, die sich allezeit nach Wunsch in einige



Stücke auseinandernehmen und aus diesen wieder zusammensetzen ließen, siehe Fig. 15.

(Die Füllung der Cylinder mit Boden war natürlich in umgekehrter Stellung, d. h. den Kropf nach oben gerichtet, erfolgt und in dieser Stellung wurden dieselben auch während des ganzen Versuchs durch ein Stativ festgehalten. Von dem Boden wurde nur immer soviel zur Füllung verwendet, dafs derselbe den röhrenförmigen Hauptteil des Cylinders und nur noch ein kleines Stück vom Kropf erfüllte. Letzteres geschah aus Vorsicht, um, falls die Erde nach vollständigem Durchtränken noch etwas zusammensinken sollte, nicht die Verbindung zwischen den einzelnen Stücken der zusammengesetzten Bodensäulen zu verlieren. Der frei gebliebene Hauptteil des Cylinderkropfs diente gleichsam als Verbindungsmuffe zwischen den einzelnen Stücken. In den Zwischenraum, der hier, weil der

innere Durchmesser des Kropfes immer weiter war, als der äußere des hineingestellten Cylinders, noch verblieb, wurde ein Ring von zusammengeprefster Baumwolle eingestopft und so die Verdunstung von Wasser an den Verbindungsstellen verhindert.)

Auf diese Weise wurden zunächst drei Säulen aus je vier Cylindern aufgebaut, und zwar erhielten dieselben als Füllung (von oben nach unten gerechnet):

Säule I.

Cylinder Nro. 1.	}	lehmigen Sand mit Humusbeimischung (Ackerkrume).
„ „ 2.		
„ „ 3.		
„ „ 4.		

Säule II.

Cylinder Nro. 5.	}	lehmigen Sand ohne Humusbeimischung (nächsten Untergr.).
„ „ 6.		
„ „ 7.		
„ „ 8.		

Säule III.

Cylinder Nro. 9.	}	Sand (entfernteren Untergrund).
„ „ 10.		
„ „ 11.		
„ „ 12.		

Die Cylinder und damit auch die einzelnen Abteilungen der Bodensäulen hatten nicht genau gleiche Höhe. Eine Messung der letzteren ergab:

Säule I.

In Cylinder Nro. 1.	18,0 cm Boden	}	d. i. in Sa. 55,0 cm Ackerkrume.
„ „ „ 2.	19,0 „ „		
„ „ „ 3.	18,5 „ „		
„ „ „ 4.	18,5 „ „			18,5 cm lehmiger Sand.

Säule II.

In Cylinder Nro. 5.	19,4 cm Boden	}	d. i. in Sa. 57,5 cm lehmiger Sand.
„ „ „ 6.	19,4 „ „		
„ „ „ 7.	18,7 „ „		
„ „ „ 8.	19,5 „ „			19,5 cm Sand.

Säule III.

In Cylinder Nro. 9.	19,5 cm Boden	}	d. i. in Sa. 73,5 cm Sand.
„ „ „ 10.	18,0 „ „		
„ „ „ 11.	17,7 „ „		
„ „ „ 12.	18,3 „ „		

Wir hatten die Erden mit dem Feuchtigkeitsgehalte in die Cylinder gebracht, mit dem sie vom Felde gekommen war. Die Untersuchung von je zwei Proben, von denen die eine am Beginne und die

andere am Ende der Füllung entnommen worden war, ergab als Wassergehalt unserer drei Bodenarten:

a. Ackerkrume.

40,053 g verloren bei 100° C. 2,7355 g = 6,80 Proz.

37,802 g " " " 2,5025 " = 6,62 "

d. i. im Mittel 6,71 Proz. Feuchtigkeit.

b. Lehmiger Sand des näheren Untergrundes.

37,511 g verloren bei 100° C. 3,108 g = 8,28 Proz.

41,451 g " " " 3,414 " = 8,23 "

d. i. im Mittel 8,25 Proz. Feuchtigkeit.

c. Sand des entfernteren Untergrundes.

55,244 g verloren bei 100° C. 0,380 g = 0,68 Proz.

59,289 " " " " 0,386 " = 0,65 "

d. i. im Mittel 0,66 Proz. Feuchtigkeit.

Die Gewichtsverhältnisse unserer Bodensäulen wurden hiernach wie folgt ermittelt:

	Bei Beginn des Versuchs wogen die Cylinder		und enthielten mithin		
	leer	mit feuchter Erde gefüllt	feuchten Boden	trocknen Boden	
	g	g	g	g	
Säule I.					
Cylinder Nro.	1.	74,7	234,7	160,0	149,3
" "	2.	83,5	243,9	160,4	149,6
" "	3.	64,5	233,2	168,7	157,4
" "	4.	81,5	215,7	134,2	123,1
Säule II.					
Cylinder Nro.	5.	80,3	220,3	140,0	128,5
" "	6.	76,8	244,8	168,0	154,1
" "	7.	75,3	237,0	161,7	148,4
" "	8.	78,2	241,3	163,1	162,0
Säule III.					
Cylinder Nro.	9.	80,5	235,5	155,0	154,0
" "	10.	69,4	216,7	147,3	146,3
" "	11.	67,3	216,3	149,0	148,0
" "	12.	68,1	218,8	150,7	149,7

Unsere Cylinder waren im Durchmesser nicht vollkommen gleich; der mit Nro. 7 bezeichnete näherte sich am meisten dem Durchmesser. Als man denselben statt mit Boden bis zu einer Höhe von

18,5 cm mit destilliertem Wasser füllte, fafste derselbe 95 g davon, und hieraus berechnet sich die mittlere Durchschnittsfläche unserer Bodensäulen auf $5\frac{1}{8}$ qcm.

Am 17. Oktober nachmittags 4 Uhr wurden auf jede der drei Säulen 20,5 ccm Wasser aufgegeben, entsprechend einem Regenfalle von 40 mm.

(Man bediente sich hierzu, um den Boden nicht aufzuschwemmen, einer Bürette mit enger Ausflußöffnung, und richtete den Wasserstrahl nicht auf die Bodenoberfläche direkt, sondern gegen die innere Wand des Cylinderkropfs.)

In die Erde der Säule III. zog das Wasser sofort ein, in Säule I. brauchte es dazu 5, in Säule II. sogar 6 Stunden Zeit.

In Säule III. war nach 5 Stunden die Erde des Cylinders Nro. 10 schon fast bis unten hin naß; nach 16 Stunden zeigte sich auch der obere Teil vom Cylinder Nro. 11 feucht und nach 24 Stunden war das Wasser bis auf 34 cm über dem Boden — also 39,5 cm tief — herabgesunken.

In Säule I. und II. liefs es sich durch die Änderung der Farbe des Bodens nach 20 Stunden noch nicht entscheiden, ob der Regen bis nach dem Cylinder Nro. 2 und resp. Nro. 6 durchgedrungen war.

Am 18. Oktober nachmittags 4 Uhr, also nach 24 Stunden, wurden die Säulen auseinandergenommen und die einzelnen Cylinder gewogen. Man fand:

Cylinder	wog	hatte also zugenommen	und enthielt Wasser		
			bei Beginn des Versuchs	24 Stunden nach dem ersten Regen	
Nro.	g	g	g	in Sa. g	Proz. d. trocknen Bodens
Säule I.					
1.	249,3	14,6	10,7	25,3	16,9
2.	249,4	5,5	10,8	16,3	10,9
3.	233,2	0,0	11,3	11,3	7,2
4.	215,7	0,0	11,1	11,1	9,0
		20,1		64,0	
Säule II.					
5.	234,4	14,1	11,5	25,6	19,8
6.	250,7	5,9	13,9	19,8	12,2
7.	237,0	0,0	13,3	13,3	9,0
8.	241,3	0,0	1,1	1,1	0,7
		20,0		59,8	
Säule III.					
9.	244,8	9,3	1,0	10,3	6,7
10.	225,5	8,8	1,0	9,8	6,7
11.	218,2	1,9	1,0	2,9	2,0
12.	218,8	0,0	1,0	1,0	0,7
		20,0		24,0	

Unmittelbar nach dem Wägen wurden die Säulen sofort wieder zusammengesetzt und weiter beobachtet. Es zeigte sich sehr bald, daß die Feuchtigkeit in denselben noch tiefer herabsank und daß die Verteilung des Wassers nach 24 Stunden und auch nach mehreren Tagen noch nicht vollendet war. An Säule III. konnte man konstatieren, daß (in Cylinder Nro. 11) das Wasser

nach 2 Tagen bis	27	cm über der Sohle der Säule
" 3	" "	25 " " " " " "
" 4	" "	24 " " " " " "
" 5	" "	23,5 " " " " " "

herabgedrungen war.

Man wog deshalb noch wiederholt und zwar nach 5, 10 und 17 Tagen und fand

Nach 5 Tagen (am 22. Oktober):

Cylinder	wog	hatte also zugenommen	und enthielt Wasser		
			bei Beginn des Versuchs	5 Tage nach dem ersten Regen	
				in Sa.	Proz. d. trocknen Bodens
Nro.	g	g	g	g	
Säule I.					
1.	245,1	10,4	10,7	21,1	14,1
2.	250,8	6,9	10,8	17,7	11,8
3.	234,6	1,4	11,3	12,7	8,1
4.	215,7	0,0	11,1	11,1	9,0
		<u>18,7</u>		<u>62,6</u>	
Säule II.					
5.	230,6	10,3	11,5	21,8	17,0
6.	252,7	7,9	13,9	21,8	14,1
7.	237,0	0,0	13,3	13,3	9,0
8.	241,3	0,0	1,1	1,1	0,7
		<u>18,2</u>		<u>58,0</u>	
Säule III.					
9.	243,3	7,8	1,0	8,8	5,7
10.	222,8	6,1	1,0	7,1	4,9
11.	220,4	4,1	1,0	5,1	3,4
12.	219,2	0,4	1,0	1,4	0,9
		<u>18,4</u>		<u>22,4</u>	
Säule I. Ferner nach 10 Tagen (am 27. Oktober):					
1.	243,5	8,8	10,7	19,5	13,1
2.	249,9	6,0	10,8	16,8	11,2
3.	235,7	2,5	11,3	13,8	8,8
4.	215,7	0,0	11,1	11,1	9,0
		<u>17,3</u>		<u>61,2</u>	
Säule II.					
5.	229,2	8,9	11,5	20,4	15,9
6.	252,2	7,4	13,9	21,3	13,8
7.	237,7	0,7	13,3	14,0	9,4
8.	241,3	0,0	1,1	1,1	0,7
		<u>17,0</u>		<u>56,8</u>	
Säule III.					
9.	242,4	6,9	1,0	7,9	5,1
10.	222,4	5,7	1,0	6,7	4,6
11.	220,3	4,0	1,0	5,0	3,4
12.	219,1	0,3	1,0	1,3	0,9
		<u>16,9</u>		<u>20,9</u>	

Endlich nach 17 Tagen (am 3. November):

Cylinder	wog	hatte also zugenommen	und enthielt Wasser		
			bei Beginn des Versuchs	5 Tage nach dem ersten Regen	
				in Sa.	Proz. d. trocknen Bodens
Nro.	g	g	g	g	
Säule I.					
1.	242,3	7,6	10,7	18,3	12,3
2.	248,9	5,0	10,8	15,8	10,6
3.	234,6	1,4	11,3	12,7	8,1
4.	215,7	0,0	11,1	11,1	9,0
		14,0		57,9	
Säule II.					
5.	227,5	7,2	11,5	18,7	14,6
6.	250,7	5,9	13,9	19,8	12,8
7.	237,6	0,6	13,3	13,9	9,4
8.	241,3	0,0	1,1	1,1	0,7
		13,7		53,5	
Säule III.					
9.	241,3	5,8	1,0	6,8	4,4
10.	221,9	5,2	1,0	6,2	4,2
11.	220,0	3,7	1,0	4,7	3,2
12.	219,0	0,2	1,0	1,2	0,8
		14,9		18,9	

Die Resultate werden sich leichter in folgender Zusammenstellung überblicken lassen:

Cylinder	Auf 100 Teile trocknen Boden wurde Wasser gefunden				
	beim Einfüllen	nach einem Regenfalle von 40 mm und zwar			
		nach 24 Stunden	5 Tagen	10 Tagen	17 Tagen
Nro.					
Säule I.					
1.	7,2	16,9	14,1	13,1	12,3
2.	7,2	10,9	11,8	11,2	10,6
3.	7,2	7,2	8,1	8,8	8,1
4.	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Säule II.					
5.	9,0	19,8	17,0	15,9	14,6
6.	9,0	12,2	14,1	13,8	12,8
7.	9,0	9,0	9,0	9,4	9,4
8.	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Säule III.					
9.	0,7	6,7	5,7	5,1	4,4
10.	0,7	6,7	4,9	4,6	4,2
11.	0,7	2,0	3,4	3,4	3,2
12.	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8

Der erste Regenfall von 40 mm war hiernach in dem Sande, obgleich dieser ziemlich trocken in die Cylinder eingebracht war, bis zu einer Tiefe von circa 60 cm niedergedrungen; während er in dem lehmigen Sande der Ackerkrume und des näheren Untergrundes, wiewohl dieselben von Hause aus schon ansehnlich mehr Feuchtigkeit enthielten, nur bis wenig über 40 cm herabgekommen war.

Die Verteilung des Wassers war im Sande nach fünf, im lehmigen Sande erst nach zehn Tagen vollständig beendet.

Allcs dies erklärt sich leicht aus dem physikalischen Bestande der drei Bodenproben.

Am 3. November wurde in der oben beschriebenen Weise auf jede der drei Säulen ein zweiter Regenfall von 40 mm = 20,5 ccm Wasser aufgebracht.

In Säule III. drang auch dieser Regen sofort ein, und durch die Farbe des Bodens konnte man bemerken, dafs die Feuchtigkeit bald bis zur Sohle des Cylinders Nro. 12 vorschritt; es flofs jedoch kein Wasser ab.

In Säule I. ging das Einziehen des Regens in den Boden weit langsamer von statten.

Besonders widerspenstig zeigte sich aber Säule II., in welcher am 5. November nachmittags noch nicht alles Wasser von der Oberfläche verschwunden war.

Eine Reihe von Wägungen der einzelnen Cylinder lieferte folgende Zahlen:

Cylinder Nro.	wog g	hatte nach dem zweiten Regen zugenommen g	und enthielt Wasser		
			vor dem zweiten Regen g	nach dem zweiten Regen- falle	
				in Sa. g	Proz. d. trocken Bodens
und zwar nach 2 Tagen (am 5. November):					
Säule I.					
1.	251,1	8,8	18,3	27,1	18,2
2.	255,8	6,9	15,8	22,7	15,2
3.	238,5	3,9	12,7	16,6	10,5
4.	215,7	0,0	11,1	11,1	9,0
		19,6		77,5	
Säule III.					
9.	244,5	3,2	6,8	10,0	6,5
10.	224,8	2,9	6,2	9,1	6,2
11.	223,8	3,8	4,7	8,5	5,7
12.	228,7	9,7	1,2	10,9	7,3
		19,6		38,5	
ferner nach 4 Tagen (am 7. November):					
Säule I.					
1.	250,2	7,9	18,3	26,2	17,5
2.	254,5	5,6	15,8	21,4	14,3
3.	239,0	4,4	12,7	17,1	10,9
4.	216,2	0,5	11,1	11,6	9,4
		18,4		76,3	
Säule II.					
5.	236,5	9,0	18,7	27,7	21,6
6.	255,9	5,2	19,8	25,0	16,2
7.	241,3	3,7	13,9	17,6	11,9
8.	241,3	0,0	1,1	1,1	0,7
		17,9		71,4	
Säule III.					
9.	244,1	2,8	6,8	9,6	6,2
10.	244,5	2,6	6,2	8,8	6,0
11.	223,0	3,0	4,7	7,7	5,2
12.	228,7	9,7	1,2	10,9	7,3
		18,1		37,0	
weiter nach 7 Tagen (am 10. November):					
Säule I.					
1.	247,8	5,5	18,3	23,8	15,9
2.	254,0	5,1	15,8	20,9	14,0
3.	239,2	4,6	12,7	17,3	11,0
4.	218,3	2,6	11,1	13,7	11,1
		17,8		75,7	
Säule II.					
5.	236,2	8,7	18,7	27,4	21,3
6.	253,8	3,1	19,8	22,9	14,9
7.	242,8	5,2	13,9	19,1	12,9
8.	?	?	1,1	1,1	?
		17,0		70,5	
Säule III.					
9.	243,4	2,1	6,8	8,9	5,8
10.	224,3	2,4	6,2	8,6	5,9
11.	223,0	3,0	4,7	7,7	5,2
12.	228,8	9,8	1,2	11,0	7,3
		17,3		36,2	

Am 10. November ging der Cylinder Nro. 8 durch einen unglücklichen Zufall verloren und wurde durch einen neuen ersetzt:

Derselbe wog leer	66,5 g
Mit dem Sande des entfernteren Untergrundes wie die verloren gegangene Nro. 8 beschiekt	217,5 g
Eine Feuchtigkeitsbestimmung ergab in dem Sande Wasser	0,5 Proz.

Der neue Cylinder Nro. 8 enthielt mithin am 10. November:

Feuchten Boden	151,0 g
Trocknen Boden	150,2 „
Wasser	0,8 „

Bei der nächsten Wägung am 15. November liefs man die Säule III. unberücksichtigt, weil in derselben nach den vorstehenden Beobachtungen die Verteilung des Regens schon am 7. November beendet war. Man fand:

Nach 12 Tagen (am 15. November):

Cylinder	wog	hatte nach dem zweiten Regen zugenommen	und enthielt Wasser		
			vor dem zweiten Regen	nach dem zweiten Regen-falle	
Nro.	g	g	g	in Sa. g	Proz. d. trocknen Bodens
Säule I.					
1.	247,0	4,7	18,3	23,0	15,4
2.	253,1	4,2	15,8	20,0	13,4
3.	238,9	4,3	12,7	17,0	10,8
4.	219,1	3,4	11,1	14,5	11,8
		<hr/> 16,6		<hr/> 74,5	
Säule II.					
5.	234,5	7,0	18,7	25,7	20,0
6.	253,9	3,2	19,8	23,0	14,9
7.	243,6	6,0	13,9	19,9	13,4
8.	217,5	0,0	0,8	0,8	0,5
		<hr/> 16,2		<hr/> 69,4	

Endlich nach 19 Tagen (am 22. November):

Cylinder	wog	hatte nach dem zweiten Regen zugenommen	und enthielt Wasser		
			vor dem zweiten Regen	nach dem zweiten Regen	Proz. d. trocknen Bodens
Nro.	g	g	g	in Sa.	g
Säule I.					
1.	243,2	0,9	18,3	19,2	12,9
2.	250,9	2,0	15,8	17,8	11,9
3.	238,2	3,6	12,7	16,3	10,4
4.	220,1	4,4	11,1	15,5	12,6
		10,9		68,8	
Säule II.					
5.	229,7	2,2	18,7	20,9	16,3
6.	253,4	2,7	19,8	22,5	14,6
7.	243,6	6,0	13,9	19,9	13,4
8.	217,5	0,0	0,8	0,8	0,5
		10,9		64,4	
Säule III.					
9.	242,2	0,9	6,8	7,7	5,0
10.	223,6	1,7	6,2	7,9	5,4
11.	221,8	1,8	4,7	6,5	4,4
12.	228,0	9,0	1,2	10,2	6,8
		13,4		32,3	

Stellen wir zunächst der bequemen Übersicht halber auch diese Resultate wie oben zusammen, so ergibt sich, dafs

auf 100 Teile trocknen Boden enthalten war Wasser:

in Säule I.	Cylinder Nro.	beim Einfüllen	nach dem zweiten Regenfalle von 40 mm und zwar				
			nach 2 Tagen	4 Tagen	7 Tagen	12 Tagen	19 Tagen
	1.	7,2	13,2	17,5	15,9	15,4	12,9
	2.	7,2	15,2	14,3	14,0	13,4	11,9
	3.	7,2	10,5	10,9	11,0	10,8	10,4
	4.	9,0	9,0	9,4	11,1	11,8	12,6
in Säule II.							
	5.	9,0	—	21,6	21,3	20,0	16,3
	6.	9,0	—	16,2	14,9	14,9	14,6
	7.	9,0	—	11,9	12,9	13,4	13,4
	8.	0,7	—	0,7	?	0,5	0,5
in Säule III.							
	9.	0,7	6,5	6,2	5,8	—	5,0
	10.	0,7	6,2	6,0	5,9	—	5,4
	11.	0,7	5,7	5,2	5,2	—	4,4
	12.	0,7	7,3	7,3	7,3	—	6,8

Ein Blick auf diese Zusammenstellung lehrt, daß die Verteilung des zweiten Regens in jeder unserer drei Bodensäulen eine wesentlich verschiedene war.

In dem Sande der Säule III. drang auch der zweite Regenfall rasch bis zum Grunde nieder; schon nach 48 Stunden war die Verteilung des Wassers vollendet. Dabei enthielten die beiden obersten Cylinder Nro. 9 und 10 jetzt nicht mehr Wasser, als am 18. Oktober; ihre Kapazität war also offenbar schon durch den ersten Regenfall gesättigt und der gesamte Zuwachs an Feuchtigkeit sammelte sich in den beiden untersten Abteilungen der Säule, in den Cylindern Nro. 11 und 12 an.

In den beiden Säulen I. und II. vollzogen sich die Wanderungen wieder viel langsamer, in letzterer war sie offenbar erst nach 12, in ersterer sogar erst nach 19 Tagen zu Ende. Von besonderem Interesse erscheint hier das Verhalten des humuslosen, lehmigen Sandes, der vermöge seiner feinkörnigen Struktur und der Kapillarkraft seiner kleinen Poren als Untergrund der Säule I. in Cylinder Nro. 4 der darüber lagernden Ackerkrume energisch Wasser entzieht, während er anderseits als Hauptschicht der Säule II. an den unter ihm lagernden grobkörnigen Sand in Cylinder Nro. 8 auch von dem zweiten Regen noch keinen Tropfen abgibt.

Auch diese Erscheinungen erklären sich leicht aus der physikalischen Beschaffenheit unserer Böden.

Am 22. November wurde auf jede der drei Säulen ein dritter Regen und zwar wiederum in Höhe von 40 mm (à 20,5 ccm) gebracht.

In den Sand zog auch diesmal das Wasser sofort ein, in der Ackerkrume brauchte es dazu 24 Stunden und in dem lehmigen Sande war es erst nach vier Tagen vollständig von der Oberfläche verschwunden.

(Äußerer Ursachen halber mußten die Säulen, welche sich bis jetzt in einem ungeheizten Raume bei einer Temperatur von 8 bis 12° C. befunden hatten, in ein geheiztes Zimmer übergebracht werden, und standen von nun an in einer Temperatur, die von 15 bis 21° C. schwankte.)

Die weiteren Wägungen ergaben:

Cylinder	wog	hatte also nach dem dritten Regen zugenommen	und enthielt Wasser		
			vor dem dritten Regen	nach dem dritten Regen- falle	
Nro.	g	g	g	in Sa. g	Proz. d. trocken Bodens
und zwar nach 6 Tagen (am 28. November):					
Säule I.					
1.	248,7	5,5	19,2	24,7	16,5
2.	254,3	3,4	17,8	21,2	14,2
3.	241,5	3,3	16,3	19,6	12,5
4.	224,0	3,9	15,5	19,4	15,8
		<hr/>		<hr/>	
Säule II.		16,1		84,9	
5.	235,6	5,9	20,9	26,8	20,9
6.	256,8	3,4	22,5	25,9	16,8
7.	248,4	4,8	19,9	24,7	16,6
8.	217,5	0,0	0,8	0,8	0,5
		<hr/>		<hr/>	
Säule III.		14,1		78,2	
9.	244,0	1,8	7,7	9,5	6,2
10.	226,3	2,7	7,9	10,6	7,2
11.	224,2	2,4	6,5	8,9	6,0
12.	236,2	8,2	10,2	18,4	12,3
		<hr/>		<hr/>	
		15,1		47,4	
und nach 8 Tagen (am 30. November):					
Säule I.					
1.	246,7	3,5	19,2	22,7	15,2
2.	253,4	2,5	17,8	20,3	13,6
3.	240,2	2,0	16,3	18,3	11,6
4.	223,8	3,7	15,5	19,2	15,6
		<hr/>		<hr/>	
Säule II.		11,7		80,5	
5.	234,1	4,4	20,9	25,3	19,7
6.	256,0	2,6	22,5	25,1	16,3
7.	247,8	4,2	19,9	24,1	16,2
8.	217,5	0,0	0,8	0,8	0,5
		<hr/>		<hr/>	
		11,2		75,3	

Das ungleichmäßige Verhalten der Erden — der lehmige Sand war so wasserhart geworden, daß er nur mit der größten Langsamkeit noch geringe Feuchtigkeitsmengen aufnahm, und noch war in den Cylinder Nro. 8 keine Spur Wasser herabgestiegen, während der Sand offenbar schon nahe an der Grenze seiner Aufnahmefähigkeit angelangt war — bewog, die Säulen vom 28. November an nicht mehr gleich, sondern getrennt zu behandeln.

Demgemäß wurden zunächst auf Säule III. am 28. November noch einmal 20,5 ccm Wasser = 40 mm Regen gegeben. Nach kurzem floß durch Cylinder Nro. 12 unten Wasser ab; ein Zeichen, daß hiermit die Kapazität des Sandes überschritten worden war. Am 30. November konstatierte man das Gewicht der einzelnen Cylinder und wog dieselben später (ohne wieder Regen aufzugeben) noch einige Male in der Hoffnung, dadurch einigen Einblick in die Bewegung des Wassers unter dem Einflusse der Verdunstung zu erhalten.

Man fand:

Cylinder Nro.	wog g	hatte nach dem vierten Regen zugenommen g	und enthielt Wasser		
			vor dem vierten Regen g	nach dem vierten Regen- falle	
				in Sa. g	Proz. d. trocknen Bodens
und zwar nach 2 Tagen (am 30. November):					
9.	242,8	— 1,2	9,5	8,3	5,4
10.	226,5	+ 0,2	10,6	10,8	7,4
11.	229,3	+ 5,1	8,9	14,0	9,5
12.	241,3	+ 5,1	18,4	23,5	15,7
		9,2		56,6	
ferner nach 10 Tagen (am 8. Dezember):					
9.	242,5	— 1,5	9,5	8,0	5,2
10.	225,8	— 0,5	10,6	10,1	6,9
11.	224,5	+ 0,3	8,9	9,2	6,2
12.	239,4	+ 3,2	18,4	21,6	14,4
		1,5		48,9	
dann nach 13 Tagen (am 11. Dezember):					
9.	242,2	— 1,8	9,5	7,7	5,0
10.	225,3	— 1,0	10,6	9,6	6,6
11.	223,8	— 0,4	8,9	8,5	5,7
12.	236,7	+ 0,5	18,4	18,9	12,6
		— 2,7		44,7	
endlich nach 19 Tagen (am 17. Dezember):					
9.	241,0	— 3,0	9,5	6,5	4,2
10.	224,2	— 2,1	10,6	8,5	5,8
11.	223,2	— 1,0	8,9	7,9	5,3
12.	233,3	— 2,9	18,4	15,5	10,4
		— 9,0		38,4	

Säule I. erhielt, da sie offenbar noch weiter vom Zustande der Sättigung entfernt war als Säule III., am 30. November gleich 41 ccm Wasser, entsprechend 80 mm Regen. Nachdem man hoffen konnte, daß sich das Wasser im Boden so ziemlich verteilt habe, wurde das Gewicht der Cylinder bestimmt, und zwar nach 8 Tagen (am 8. Dezember) mit folgendem Resultate:

Cylinder	wog	hatte nach dem vierten Regen zugenommen	und enthielt Wasser		
			vor dem vierten Regen	nach dem vierten Regen-falle	
Nro.	g	g	g	in Sa. g	Proz. d. trocknen Bodens
1.	252,5	5,8	22,7	28,5	19,1
2.	262,0	8,6	20,3	28,9	19,3
3.	251,0	10,8	18,3	29,1	18,5
3.	229,7	5,9	19,2	25,1	20,4
		31,1		111,6	

Da auch noch dieser Regenfall vom Boden vollständig festgehalten wurde, so gab man ohne Zögern am 8. Dezember noch einmal 20,5 ccm Wasser = 40 mm Regen.

Jetzt lief durch die Sohle vom Cylinder Nro. 4 Wasser ab und lieferte damit den Beweis, daß endlich die Kapazität des Bodens voll gesättigt war.

Eine zweimalige Wägung der einzelnen Cylinder ergab:

Cylinder	wog	hatte nach dem fünften Regen zugenommen	und enthielt Wasser		
			vor dem fünften Regen	nach dem fünften Regen-falle	
Nro.	g	g	g	in Sa. g	Proz. d. trocknen Bodens
und zwar nach 3 Tagen (am 11. Dezember):					
1.	253,7	1,2	28,5	29,7	19,9
2.	262,3	0,3	28,9	29,2	19,5
3.	251,1	0,1	29,1	29,2	18,6
4.	230,9	1,2	25,1	26,3	21,4
		2,8		114,4	
und nach 9 Tagen (am 17. Dezember):					
1.	245,3	— 7,2	28,5	21,3	14,3
2.	258,8	— 3,2	28,9	25,7	17,2
3.	249,9	— 1,1	29,1	28,0	17,8
4.	229,4	— 0,3	25,1	24,8	20,1
		— 11,8		99,8	

Auf Säule II., welche das Wasser nur noch äußerst schwierig annahm, wurden am 30. November zunächst wieder nur 20,5 ccm Wasser = 40 mm Regen gegeben und die Cylinder nach 8 Tagen am 8. Dezember gewogen.

Man fand:

Cylinder	wog	hatte nach dem vierten Regen zugenommen	und enthielt Wasser		
			vor dem vierten Regen	nach dem vierten Regenfalle	
				in Sa.	Proz. d. trocknen Bodens
Nro.	g	g	g	g	Bodens
5.	235,8	1,7	25,3	27,0	21,0
6.	259,4	3,4	25,1	28,5	18,5
7.	252,9	5,1	24,1	29,2	19,7
8.	217,5	0,0	0,8	0,8	0,5
		10,2		85,5	

Vom 8. Dezember an wurden nach und nach in dem Mafse, wie das Wasser sich langsam in den Boden einzog, noch weitere 41 ccm Wasser = 80 mm Regen aufgegeben, und die nächste Wägung, die man füglich nicht früher als am 27. Dezember, d. i. nach 19 Tagen, vornehmen konnte, ergab:

Cylinder	wog	hatte nach dem fünften Regen zugenommen	und enthielt Wasser		
			vor dem fünften Regen	nach dem fünften Regenfalle	
				in Sa.	Proz. d. trocknen Bodens
Nro.	g	g	g	g	Bodens
5.	238,0	2,2	27,0	29,2	22,7
6.	263,7	4,3	28,5	32,8	21,3
7.	256,3	3,4	29,2	32,6	22,0
8.	224,6	7,1	0,8	7,9	5,3
		17,0		102,5	

Noch war hiermit die Wasserkapazität der Säule II. nicht vollständig gesättigt, aber das energische Vordringen der Feuchtigkeit bis in den mit Sand gefüllten Cylinder Nro. 8 beweist, daß dieselbe endlich wenigstens diesem Punkte nahe war.

Über die Resultate der vorstehenden Beobachtungen wird man sich am schnellsten klar werden, wenn man sich das Verhalten des Wassers gegen enge Röhren ins Gedächtnis ruft.

Stellt man eine Partie enger Glasröhren, die aber unter sich verschieden weite Lumina haben, in ein Gefäß mit Wasser, so sieht man zunächst, daß das letztere in den Röhren steigt, und zwar um so höher steigt, je enger dieselben sind.

Zieht man jetzt die Röhren aus dem Gefäße heraus, so bleibt in jeder derselben eine Wassersäule hängen, und zwar ist dieselbe wiederum um so länger, je enger die Röhren sind.

Setzt man endlich ein paar solcher Röhren, die von verschiedener Weite sind, auf geeignete Weise miteinander in Verbindung, so wird das Wasser aus der weiteren mit Kraft in die engere hinübergezogen.

Jeder Boden ist als ein Körper anzusehen, dessen ganze Substanz mit solchen bald engeren bald weiteren Röhren durchzogen ist.

Je feiner das Korn eines Bodens ist, desto enger sind die Röhren, die ihn durchziehen, desto mehr Wasser vermag er in sich aufzunehmen und mit desto größerer Kraft vermag er daselbe festzuhalten.

Lagern Bodenschichten von verschieden feinem Korne unmittelbar aufeinander, so wird die feinkörnigste die höchste Wasserkapazität zeigen und wird den anderen unter Umständen einen Teil ihrer Feuchtigkeit entziehen, während sie umgekehrt nicht eher Wasser an dieselben abgibt, als bis sie vollständig damit gesättigt ist.

Von den drei Bodenschichten, die wir zu unserem Experimente benutzten, war der lehmige Sand des näheren Untergrundes in den Cylindern Nro. 4 bis 8 derjenige, welcher die feinste Mischung zeigte, während der Sand in den Cylindern Nro. 9 bis 12 das größte Korn hatte.

Es entspricht also ganz den physikalischen Gesetzen, wenn der feine lehmige Sand als Untergrund der Säule I. im Cylinder Nro. 4 schon Regen aufnahm, ehe noch die darüber lagernde Ackerkrume mit Feuchtigkeit ganz gesättigt war, während er anderseits in Säule II. an seinen grobkörnigen Untergrund nicht eher Wasser abgab, als bis er den Sättigungspunkt voll und ganz erreicht hatte.

Und ebenso harmoniert es mit diesen Gesetzen durchaus, daß die mit Sand gefüllte Säule III. nur in ihrem untersten Cylinder Nro. 12, nicht aber auch in ihren drei oberen Abteilungen eine Wassermenge fafste, welche der von den anderen Bodenarten aufgenommenen cinigermassen nahe kam. Die weiten Zwischenräume des Sandes vermochten eben wohl eine Wassersäule von 18 cm (der Höhe

des Cylinders Nro. 12) noch notdürftig festzuhalten, nicht aber eine solche von 73 cm (d. i. der Höhe der ganzen Säule III.).

Dieser Punkt hat seine Wichtigkeit für die Beurteilung der Resultate, die bei den Bestimmungen der wasserfassenden Kraft der Böden erhalten werden, sowie für die hierbei benutzten Methoden.

Wir halten es für nicht am Platze, hier näher darauf einzugehen, es mag aber eine Beobachtung kurz erwähnt sein, die wir bei dieser Gelegenheit machten.

Als wir nach Beendigung des vorigen Versuchs die drei Säulen auseinandernahmen, benutzten wir noch beiläufig die einzelnen Cylinder zu einer Bestimmung der wasserfassenden Kraft der Erden nach alter bekannter Methode.

Man gofs auf jeden Cylinder einen Überschufs von Wasser, bedeckte ihn mit einer Glasplatte und wog, nachdem das Abtropfen von Wasser aufgehört hatte.

Man erhielt:

Cylinder	wog mit Wasser bis zum Maximum gesättigt	wog mit trocknem Boden gefüllt (nach oben)	hatte also Wasser aufge- nommen	enthielt trocknen Boden (nach oben)	der trockne Boden faßte also Wasser
Nro.	g	g	g	g	Proz.
a. Ackerkrume:					
1.	254,8	224,0	30,8	149,3	20,6
2.	263,8	233,1	30,7	149,6	20,5
3.	253,8	221,9	31,9	157,4	20,3
				im Mittel 20,5	
b. Lehziger Sand:					
4.	233,3	204,6	28,7	123,1	23,3
c. Sand:					
9.	264,5	234,5	30,0	154,0	19,5
10.	243,5	215,7	27,8	146,3	19,0
11.	244,0	215,3	28,7	148,0	19,4
12.	245,8	216,7	29,1	150,2	19,4
				im Mittel 19,3	

Die außerordentlich hohe wasserfassende Kraft, die unter diesen Versuchsbedingungen der Sand im Gegensatze zu den früheren Beobachtungen zeigte, wird nach den vorgestellten Erörterungen nicht mehr befremden, und dies um so weniger, wenn wir hinzufügen, daß

als wir nach der letzten Wägung die vier Cylinder Nro. 9 bis 12, welche einzeln ihre 19 Proz. Wasser ganz festhielten, in der früheren Ordnung wieder zur Säule III. zusammenstellten, sofort das Wasser am Boden stromweise abfloß, bis nach kurzem in den Cylindern Nro. 9, 10 und 11 nicht mehr als 6 bis 9 Proz. und nur im untersten Cylinder Nro. 12 noch 16 Proz. Wasser rückständig blieben.

Der kleine Versuch scheint uns für die Beurteilung und Bestimmung der wasserfassenden Kraft des Bodens instruktiv genug, um ihn hier nicht unerwähnt zu lassen.

Genügten die mitgetheilten Versuche im allgemeinen sicher, um das Verhalten unserer Böden gegen das Wasser klar zu legen, so möchte für kritische Gemüter vielleicht doch noch die Frage entstehen, ob der Sand unter allen Umständen dasselbe Verhalten wie in unserer Säule III., wo er offen zu Tage lag, zeigen würde, namentlich auch dann, wenn er von einer stärkeren Schichte feinkörniger Bodenarten überlagert wäre.

Unsere Säule II. konnte deshalb nicht zur Entscheidung der Frage dienen, weil dort die als Untergrund gegebene Sandschicht nur aus einem einzigen Cylinder bestand und deshalb, wie die letzten Versuche zur Bestimmung der wasserfassenden Kraft lehren, zu kurz war.

Zwar war auch in einem solchen Falle ein abweichendes Verhalten in keiner Weise wahrscheinlich, wir glaubten aber zur Beseitigung jeglichen Zweifels um so eher noch einen weiteren Versuch unternehmen zu sollen, weil uns derselbe gleichzeitig noch eine Kontrolle für die früheren Experimente zu liefern versprach.

Es wurden demgemäß noch einmal Proben der schon benutzten Bodenschichten vom Felde geholt, wie früher behandelt, gesiebt, in Cylinder gestampft und daraus eine neue Säule IV. zusammengestellt.

Dieselbe bestand diesmal aus sechs Cylindern, welche in folgender Weise (von oben nach unten gerechnet) beschickt waren:

Cylinder Nro. 13.	20 cm	} in Sa. 39 cm Ackerkrume
„ „ 14.	19 „	
Cylinder Nro. 15.	18 cm	} in Sa. 37 cm lehmiger Sand des näheren Untergrundes
„ „ 16.	19 „	
Cylinder Nro. 17.	20 cm	} in Sa. 40 cm Sand des entfernteren Untergrundes
„ „ 18.	20 „	
zusammen 116 cm		

Die Feuchtigkeit der drei Bodenproben war beim Einbringen in die Cylinder diesmal wie folgt befunden worden:

a. Ackerkrume:

50,731 g verloren bei 100° C. 1,919 g = 3,78 Proz. Feuchtigkeit

b. Lehmiger Sand:

52,886 g verloren bei 100° C. 1,744 g = 3,28 Proz. Feuchtigkeit

c. Sand:

87,780 g verloren bei 100° C. 0,404 g = 0,46 Proz. Feuchtigkeit

und die Gewichtsverhältnisse der einzelnen Cylinder stellten sich demnach beim Beginne des Versuchs:

Cylinder	wog		und enthielt mit- hin lufttrocknen Boden	darin	
	leer	mit frischem Boden gefüllt		trockner Boden	Wasser
Nro.	g	g	g	g	g
13.	65,8	226,1	160,3	154,2	6,1
14.	62,9	218,8	155,9	150,0	5,9
15.	68,0	212,7	144,7	140,0	4,7
16.	72,8	229,2	156,4	151,3	5,3
17.	65,4	243,2	177,8	177,0	0,8
18.	80,2	236,1	155,9	155,2	0,7

Da es uns hier darauf ankam, den Boden möglichst rasch dem Punkte seiner Sättigung nahe zu bringen, so wurden hintereinander in dem Maße, wie die Feuchtigkeit in denselben einzog, gleich 102,5 g Wasser, entsprechend 200 mm Regen, gegeben und die Verdunstung dadurch, daß man den obersten Cylinder mit einer Glasplatte bedeckte, zum größten Teile abgeschlossen.

Der Farbe des Bodens nach zu urteilen, drang der Regen in den nächsten Tagen nicht weiter als bis auf den Grund des Cylinders Nro. 16.

Eine Wägung der einzelnen Abteilungen ergab:

Cylinder	wog	hatte zugenommen	und enthielt Wasser		
			beim Beginne des Versuchs	nach dem ersten Regen- falle	
Nro.	g	g	g	in Sa. g	Proz. d. trocknen Bodens
und zwar 8 Tage nach dem ersten Regen:					
13.	248,5	22,4	6,1	28,5	18,5
14.	239,6	20,8	5,9	26,7	17,8
15.	240,1	27,4	4,7	32,1	22,9
16.	259,7	30,5	5,3	35,8	23,7
17.	243,2	0	0,8	0,8	0,5
18.	236,1	0	0,7	0,7	0,5
und 11 Tage nach dem ersten Regen:					
13.	247,5	21,4	6,1	27,5	17,8
14.	238,8	20,0	5,9	25,9	17,3
15.	239,7	27,0	4,7	31,7	22,6
16.	259,0	29,8	5,3	35,1	23,2
17.	243,2	0	0,8	0,8	0,5
18.	236,1	0	0,7	0,7	0,5

Unmittelbar nach dieser Wägung wurden wieder 20,5 g Wasser = 40 mm Regen gegeben.

Man konnte bemerken, wie kurz nachher auch der gröbere Sand und zwar bis zum Grunde des Cylinders Nro. 18 feucht wurde. Ein Abflufs von Wasser erfolgte jedoch noch nicht.

Als man 6 Tage nach diesem zweiten Regen die einzelnen Cylinder wieder einmal wog, wurde gefunden:

Cylinder	wog	hatte nach. dem zweiten Regen zugenommen	und enthielt Wasser		
			vor dem zweiten Regen	nach dem zweiten Regen- falle	
Nro.	g	g	g	in Sa. g	Proz. d. trocknen Bodens
13.	251,2	3,7	27,5	31,2	20,2
14.	243,6	4,8	25,9	30,7	20,5
15.	238,8	— 0,9	31,7	30,8	22,0
16.	258,8	— 0,2	35,1	34,9	23,1
17.	250,3	7,1	0,8	7,9	4,5
18.	244,0	7,9	0,7	8,6	4,9

Da also auch hiermit der Zustand voller Sättigung mit Wasser des Bodens noch nicht erreicht war, so gab man ohne Zögern gleich noch einmal 20,5 ccm Wasser = 40 mm Regen, und diese Feuchtigkeitsmenge konnte endlich die Säule nicht mehr festhalten, sondern liefs einen Teil davon am Grunde ablaufen.

Man kam diesmal äufserer Hindernisse wegen nicht früher als nach 16 Tagen dazu, die einzelnen Cylinder zu wägen und fand dann:

Cylinder Nro.	wog g	hatte nach dem dritten Regen zugenommen g	und enthielt Wasser		
			vor dem dritten Regen g	16 Tage nach dem dritten Regenfalle	
				in Sa. g	Proz. d. trocknen Bodens
13.	250,2	— 1,0	31,2	30,2	19,6
14.	242,7	— 0,9	30,7	29,8	19,9
15.	238,2	— 0,6	30,8	30,2	21,6
16.	258,6	— 0,2	34,9	34,7	22,9
17.	256,0	5,7	7,9	13,6	7,7
18.	258,5	14,5	8,6	23,1	14,9

Das Verhalten der komplizierteren Säule IV. bestätigt in allen Beziehungen die Resultate, welche mit den einfacheren Säulen I. bis III. erhalten wurden.

Das Maximum der wasserfassenden Kraft unserer drei Bodenschichten in festgelagertem Zustande werden wir hiernach zu setzen haben:

a. Für den mit Humus gemengten lehmigen Sand der Ackerkrume auf 19 bis 20 Proz. des trocknen Bodens.

b. Für den etwas feinkörnigeren lehmigen Sand des näheren Untergrundes auf 22 bis 23 Proz. des trocknen Bodens.

c. Für mächtigere Schichten des Sandes aus dem entfernteren Untergrunde auf 6 bis 7 Proz. des trocknen Bodens.

Erwägt man, daß es auferdem Bodenarten giebt, vortreffliche Bodenarten, deren wasserfassende Kraft bis auf 40 Proz. der trocknen Erde und mehr steigt, so drängt sich sofort ein ganzes Heer von Betrachtungen, betreffend die Notwendigkeit und die Wirkung der

Drainage, die Verteilung der Pflanzennährstoffe in der Erde, die Höhe und die Sicherheit der Ernten etc., auf.

Wir dürfen uns hier nicht auf so weitläufige Erörterungen einlassen, wünschen aber wenigstens über zwei Punkte einige Worte zu sagen.

Die Wanderung und Verteilung der Pflanzennährstoffe in der Erde kann natürlich nur durch Vermittelung des Wassers erfolgen und schließt sich mithin eng an die Bewegung der Bodenfeuchtigkeit an. Besonders abhängig hiervon werden sich die Stoffe zeigen welche einer Absorption im Boden nicht unterliegen, wie z. B. die Salpetersäure.

Salpetersaure Salze werden ihrer wässerigen Lösung durch der Boden nicht in der Weise entzogen, wie z. B. die Ammoniaksalze und salpetersaure Verbindungen finden sich in bemerkenswerter Quantität in jedem Drainwasser.

* Diese Thatsachen haben vielfach zu der Besorgnis geführt, daß eine Düngung mit Chilisalpeter durch die Bodenfeuchtigkeit unter allen Umständen in kürzester Zeit aus den Kulturschichten ausgelaugt und in den tiefen Untergrund entführt werden müßte.

Berücksichtigt man aber, daß, wie die obigen Versuche zeigen, das Wasser sich selbst in einem nicht sehr bindigen Boden, wie unser lehmiger Sand war, nur allmählich und verhältnismäßig träge weiter bewegt, und daß derselbe ganz ansehnliche Regenmengen festzuhalten vermag, ohne nur etwas davon selbst an einen sehr durchlässigen Untergrund abzugeben, so wird sich diese Furcht bald auf das richtige Maß reduzieren; man wird sich sagen müssen, daß ein eigentliches Auswaschen auch dieser Pflanzennährstoffe aus dem Boden nicht notwendig überall rasch erfolgen müsse, daß unter Umständen selbst eine im Herbst gegebene Salpeterdüngung nicht ohne weiteres als nutzlos und unrationell zu bezeichnen sei, kurz daß auch in diesem Falle die einzige richtige Grundlage für die Beurteilung einer Düngerwirkung in der jedesmaligen Bodenbeschaffenheit zu suchen sei.

Noch wichtiger aber erscheint das Verhalten des Bodens zum Regen in seiner Beziehung zur Höhe und Sicherheit der Ernten.

Die großen Differenzen in der natürlichen Fruchtbarkeit und Sicherheit der verschiedenen Bodenarten, ganz abgesehen von aller Düngung — der gewaltige Unterschied zwischen einem lehmigen

Sande und einem Sande —, sie lassen sich fast immer viel besser erklären aus ihrem Verhalten zum Wasser, als aus ihrem Gehalte an Pflanzennährstoffen.

Warum läßt sich ein loser Sandboden mit allen käuflichen Düngemitteln der Welt nicht auf dieselbe Höhe und Sicherheit des Ertrages bringen, wie ein lehmiger Boden oder ein Humusboden?

Folgende kurze Rechnung mag es zeigen:

Nehmen wir zunächst als Beispiel einen Boden, wie der war, von welchem wir unsere Proben zu den vorstehenden Versuchen entlehnten.

Die Mächtigkeit seiner einzelnen Schichten wurde im Mittel wie folgt gefunden:

- a. 33 cm mit Humus gemengter lehmiger Sand als Ackerkrume;
- b. 33 cm lehmiger Sand als näherer Untergrund;
- c. darunter Sand in bedeutender Mächtigkeit als entfernterer Untergrund.

Und setzen wir daneben einen anderen Boden, dem diese Decke von lehmigem Sande fehlt, also:

Sand in infinitum.

Beide Bodenprofile befinden sich auf sehr vielen Gütern der Provinz Brandenburg in unmittelbarer Nachbarschaft.

Unsere Ausgrabungen, über die wir im siebenten Kapitel des zweiten Abschnittes berichteten, hatten uns gelehrt, daß die Wurzeln der Kulturpflanzen unter diesen Bodenverhältnissen im großen und ganzen nicht weiter als bis zu einer Tiefe von circa 80 cm in den Untergrund hinablaufen, und wir werden demnach für unsere Zwecke zunächst nur eine Bodenschicht von 80 cm Mächtigkeit zu berücksichtigen brauchen.

Nehmen wir an, beide Bodenarten seien mit einem reichen Vorrat von Winterfeuchtigkeit in das Frühjahr getreten und seien zu der Zeit, wenn die Saat eben aufgegangen ist, beide gleichmäÙig noch bis zu 80 Proz. ihrer wasserfassenden Kraft mit Feuchtigkeit gesättigt.

Die im dritten Kapitel dieses Abschnittes besprochenen Versuche zeigten, daß ein Boden so lange dem Wasserbedürfnisse der Pflanzen noch vollständig zu genügen vermag, als er mindestens ungefähr 30 Proz. seiner wasserfassenden Kraft Feuchtigkeit enthält. Unsere beiden Böden konnten also unter der obigen Voraussetzung gerade

soviel Wasser vom Winter her zu den Bedürfnissen der Vegetation zuschießen, als 50 Proz. ihrer wasserfassenden Kraft entsprach.

Sehen wir jetzt, wie viel, in Kilogrammen ausgedrückt, dieser höchst schätzenswerte Vorrat in einem jeden derselben betrug.

Als wir die von uns benutzten Cylinder genau so weit, wie sie im vorstehenden Versuche mit Boden beschickt waren, mit destilliertem Wasser auffüllten und die hierzu verbrauchten Wassermengen mit der Wage bestimmten, erhielten wir folgende Werte:

Cylinder	Nro.	hatte nach oben trocken- en Boden enthalten	faßte gleich- weit mit Wasser ge- füllt Wasser	das scheinbare
				spezifische Gewicht des Bodens betrug mithin, oder 1 cem trockner Boden wog
		g	g	g
Ackerkrume . . .	1.	149,3	95,8	1,57
	2.	149,6	95,0	1,57
	3.	157,4	99,0	1,59
				im Mittel 1,58
Lehmiger Sand	4.	123,1	78,0	1,58
	5.	128,5	81,8	1,57
	6.	154,1	98,8	1,56
				im Mittel 1,57
Sand	9.	154,0	96,0	1,60
	10.	146,3	90,5	1,62
	11.	148,0	92,5	1,60
				im Mittel 1,61

Hieraus berechnet sich das Gesamtgewicht des trocknen Bodens in einem Hektar auf 80 cm Tiefe:

a. Für Profil 1:

33 cm Ackerkrume	= 5 214 000 kg
33 „ lehmiger Sand	= 5 181 000 „
14 „ Sand	= 2 254 000 „
<hr/>	
in Sa. 80 cm	= 12 649 000 kg

b. Für Profil 2:

80 cm Sand	= 12 880 000 kg
----------------------	-----------------

Und da nach unseren Versuchen die wasserfassende Kraft der drei Bodenschichten

von der Ackerkrume	19,5	Proz.
„ dem lehmigen Sande	22,5	„
„ „ Sande	6,5	„

des trocknen Bodens betrug, so ergibt sich hieraus das Gewicht der als disponibler Wasservorrat zu betrachtenden 50 Proz. davon pro Hektar und 80 cm Tiefe:

a. Für Profil 1:

33 cm Ackerkrume	508 365	kg Wasser
33 „ lehmiger Sand	582 863	„ „
14 „ Sand	473 255	„ „
<hr/>		
in Sa. 80 cm	1 164 483	kg Wasser

b. Für Profil 2:

80 cm Sand	418 600	kg Wasser
----------------------	---------	-----------

Der Zuschuss an Wasser, den unsere beiden Böden vermöge der im Winter angesammelten Feuchtigkeit unter den gemachten Voraussetzungen, d. h. unter gleichen äußeren Bedingungen, zu Gunsten der kommenden Vegetation zu leisten vermochten, stellte sich somit

in Profil 1: $\frac{\text{„lehmiger Sand“}}{\text{Sand}}$ auf rund 1164 000 kg pro Hektar,

d. i. eine Wassermenge, welche einem Regenfalle von 116,4 mm gleichkommt, während derselbe

in Profil 2: „Sand“ nur 418 000 kg = 41,8 mm Regen,

d. i. nicht viel mehr als $\frac{1}{3}$ soviel betrug.

Man stelle nun neben diese beiden Böden noch einen dritten, noch besseren, dessen wasserfassende Kraft vielleicht noch wieder um das Doppelte größer ist, als die unseres lehmigen Sandes. Man nehme etwa den Zuckerrübenboden, dessen Profil Orth in seinen Wandtafeln für Bodenkunde Tafel VI, Nro. 31 wie folgt zeichnet:

Milder humoser Lehm (Schwarzerde) 80 cm

Lösartig milder Diluvial-Mergel 110 cm

Keuper - Thonmergel



Man überlege ferner, daß dieselben Unterschiede, welche die wasserfassende Kraft der Böden in Bezug auf die Winterfeuchtigkeit bedingt, sich auch ebenso geltend machen müssen in den Wassermengen, welche die Böden von dem während der Vegetationszeit der Pflanzen fallenden Regen innerhalb des Bereichs der Wurzeln festhalten, und man wird ein klares Bild von dem Einflusse haben, den das Verhalten des Bodens zu den wässerigen Niederschlägen auf die Höhe und Sicherheit der Erträge in allen den Örtlichkeiten ausübt, die nur mit einem mäßigen mittleren Regenfalle gesegnet sind und in denen der Stand des Grundwassers einen erheblichen Zuschuß für Vegetationszwecke nicht erwarten läßt.

Bei allen in diesem Kapitel mitgeteilten Versuchen hatten wir den Boden fest in die Cylinder eingedrückt, ihn also im geschlossenen Zustande beobachtet. Wir hatten dies absichtlich gethan, um uns immer den in der Praxis vorwaltenden Verhältnissen möglichst nahe zu halten.

Die Ackerinstrumente lockern bei gewöhnlichem Gebrauche den Boden bis zu einer Tiefe von 20, allenfalls 25 cm; nur bei Verwendung des Dampfpfluges, Untergrundpfluges, oder beim Rajolen werden auch die tieferen Schichten mit aufgeschlossen; und selbst die locker gepflügte Ackerkrume hält sich in diesem Zustande nur eine Zeit lang; im Verlaufe der Vegetation, wenn zumal ein paar Regen gefallen sind, schließt auch sie sich immer wieder.

Nun wurde schon einmal erwähnt, daß sich das Verhalten ein und deselben Bodens zum Wasser sehr verschieden gestalten kann, je nachdem er sich in fester oder lockerer Lagerung befindet.

Ob dieser Unterschied groß oder klein ist, wird natürlich ganz von dem Bestande des betreffenden Bodens abhängen, bei einem thonigen und besonders bei einem sehr humusreichen Boden, die sich stark zusammenzuziehen vermögen, wird derselbe groß, bei den gröbereren Sandböden, deren Volumendifferenz in lockerem und in festem Zustande sehr gering ist, wird derselbe klein sein.

Wie groß dieser Unterschied sich bei einem humosen Sandboden gestaltet, auch dafür noch anhangsweise ein Beispiel:

Bei den im vorigen Kapitel besprochenen Versuchen, betreffend „das Verhalten des Bodens gegen das gasförmige Wasser der Atmosphäre“, hatten wir zwei kleine Glasylinder von absolut gleichem Querschnitte benutzt, die mit je 182,3 g (trocken gedacht) von unserem oft erwähnten Gartenboden beschickt waren. In den Cylinder A. war die Erde locker eingefüllt, in den Cylinder B. aber nach vorhergegangenem Anfeuchten fest eingestampft*).

Als das genannte Experiment beendet war, entfernte man von beiden Cylindern die untere Glasplatte mit dem sie haltenden Drahtnetze, so daß der Boden der ersteren nur noch von der durchlässigen Leinwandscheibe gebildet wurde, und gab nun aus einer mit sehr feiner Ausflußöffnung versehenen Bürette so lange vorsichtig Wasser auf, bis daselbe unten abließ.

Dann befestigte man die Cylinder frei hängend unter einer Glocke, deren Luft sich natürlich immer gesättigt feucht erhielt, und bestimmte das Gewicht derselben, nachdem das Abtropfen vollständig aufgehört hatte. Man fand:

Cylinder A. mit lockerem Boden	wog . . .	319,62 g
„ B. „ festem	„ „ . . .	302,28 „

Und da das Gewicht der mit trockenem Boden gefüllten Apparate nach oben betragen hatte:

für Cylinder A.	243,35 g
„ „ B.	254,12 „

so betrug die Quantität des von 182,3 trockenem Boden aufgenommenen Wassers:

In Cylinder A. mit lockerem Boden	76,27 g = 41,8 Proz. der trocknen Erde
„ „ B. „ geschlossenem „	48,16 „ = 26,4 „ „ „ „

Man wiederholte das Experiment noch einmal mit einer kleinen Abänderung; man gab nämlich zunächst auf die mit Feuchtigkeit gesättigten Cylinder noch einmal etwas Wasser (je 16 ccm), hing sie aber zum Abtropfen nicht wieder frei auf, sondern stellte sie auf eine 32 cm hohe Schicht trocknen Sandes und überdeckte das Ganze, um Verdunstung zu verhüten, mit einer Glasglocke. Nach Verlauf von 2 $\frac{1}{2}$ Stunden zur Wage gebracht, wogen

*) Das Nähere s. S. 708 und 709.

Cylinder A.	316,43 g
„ B.	300,77 „

und nachdem sie noch weitere 16 Stunden auf dem Sande unter der Glocke gestanden hatten:

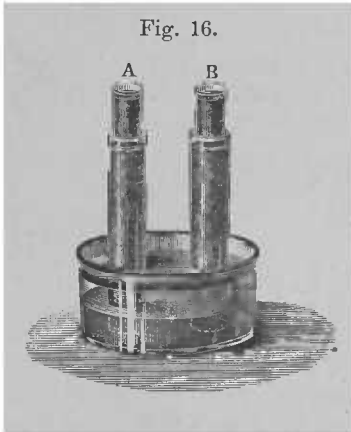
Cylinder A.	315,08 g
„ B.	300,21 „

Bei dieser Anordnung des Versuchs war demnach aufgenommen und festgehalten worden Wasser:

In Cylinder A. mit lockerem Boden	71,68 g = 39,3 Proz. der trocknen Erde
„ „ B. „ festem „	46,09 „ = 25,3 „ „ „ „

Ganz ähnliche Unterschiede in dem Verhalten des lockeren und des festen Bodens zeigten sich, als man das Wasser, statt es in Form von Regen auf die Oberfläche zu bringen, von unten aufsaugen liefs.

Man nahm eine grofse Krystallisierschale, stellte in dieselbe aufrecht zwei gleiche, 6 cm weite und 25 cm hohe Glasrohre, gab, um denselben einigen Halt zu verschaffen, auf den Boden der Schale eine Schicht feinen Quarzsand und füllte endlich die Glasrohre selbst bis auf etwa 2 cm unter ihrem oberen Rande mit demselben Sande an.



Hierauf wurde die Krystallisierschale mit destilliertem Wasser gefüllt, und als sich der Sand in den Rohren vollständig vollgesogen hatte, stellte man die beiden mit Gartenboden gefüllten Cylinder A. und B., die natürlich wieder von ihrer unteren Armierung (Glasplatte und Drahtnetz) befreit wurden, mit ihrem Leinwandboden auf den nassen Sand, wie Fig. 16 zeigt.

Den Cylindern A. und B. hatte man keine neue Füllung gegeben, sondern nur den darin befindlichen Boden nach dem vorigen Versuche bei gelinder Wärme ausgetrocknet, oder mindestens nahezu ausgetrocknet. Die Cylinder wogen bei Beginn des neuen Experiments:

A. (locker)	246,05 g
B. (fest)	257,03 „

und enthielten somit noch Feuchtigkeit:

A. (locker) 2,70 g = 1,5 Proz. des trocknen Bodens
B. (fest) 2,91 „ = 1,6 „ „ „ „

Kurze Zeit, nachdem der Boden mit dem nassen Sande in Berührung gekommen war, zeigte die dunkler werdende Farbe der unteren Partien, daß derselbe lebhaft Wasser aufnahm, und es liefs sich deutlich mit den Augen verfolgen, daß dieses in dem geschlossenen Boden schneller stieg als in dem lockeren. In dem festen Boden erschien oben schon nach 28 Minuten die erste nasse Stelle und nach 30 Minuten war die ganze Oberfläche feucht. In dem lockeren Boden dagegen zeigte sich der erste nasse Fleck an der Oberfläche erst nach 38 Minuten und nach einer Stunde war der letztere noch nicht ganz gleichmäfsig durchfeuchtet.

Der Wasserspiegel in der Krystallisierschale stand beim Beginne des Versuchs 6,5 cm unter dem Boden der Cylinder A. und B. und war nach 60 Minuten, als sich die Erden nahezu vollgesogen hatten, bis auf 7,9 cm gesunken. Die Entfernung zwischen beiden war also so klein, daß die in den Rohren dazwischen liegende Sandschicht die Zuleitung des Wassers leicht und vollständig besorgen konnte.

Die Gewichte der beiden Cylinder A. und B. wurden gefunden:

1 Stunde nach Beginn des Versuchs:

A. mit lockerem Boden =	315,08 g
B. „ festem „ =	299,42 „

nach weiteren 2 Stunden:

A. =	315,77 g
B. =	300,09 „

dann nach 24 Stunden:

A. =	317,17 g
B. =	302,08 „

und endlich nach 46 Stunden:

A. =	317,48 g
B. =	301,32 „

Die Böden enthielten also in gesättigtem Zustande am Schlusse des Versuchs Wasser und zwar:

A. (locker) 74,13 g = 40,7 Proz. der trocknen Erde
B. (fest) 47,20 „ = 25,9 „ „ „ „

Geringer als in der wasserfassenden Kraft, welche die beiden vorhergehenden Versuche behandeln, aber noch immer merklich, zeigten sich die Unterschiede zwischen dem offenen und geschlossenen Zustande eines Bodens in der Kraft Wasser einem nur mäfsig feuchten Untergrunde zu entziehen.

Zum Nachweise derselben diente die beim vorigen Experimente benutzte Vorrichtung, aber mit folgenden Abänderungen.

In die Krystallisierschale brachte man zunächst eine 12 cm hohe Schicht feinen Quarzsand, senkte dann die beiden je 25 cm hohen Glasrohre 2 cm tief hinein und füllte dieselben bis zu ihrem oberen Rande ebenfalls mit Sand. Man erhielt so nebeneinander zwei ziemlich starke Sandsäulen, die von der Oberfläche der Rohre bis zum Boden der Krystallisierschale $25 + 10 = 35$ cm Höhe hatten und unten seitlich noch mit einem ansehnlichen Sandreservoir in Verbindung standen.

Dann gofs man die Krystallisierschale voll destillirtes Wasser, liefs soviel Zeit, dafs der gesamte Sand sich genügend damit sättigen konnte und sog schliesslich den Rest mittels eines bis auf den Boden der Schale eingesenkten Hebers so rein als möglich wieder ab.

Der Sand in den oberen Schichten der beiden Rohre konnte also nach dieser Manipulation nur noch so viel Wasser enthalten, als seine Kapillaren festzuhalten vermochten.

Schliesslich wurden die beiden kleinen Bodencylinder A. und B., die vorher zum zweitenmal bei gelinder Temperatur nahezu trocken gemacht waren, auf die Oberfläche des in den Rohren befindlichen feuchten Sandes gestellt und die ganze Vorrichtung, um Verdunstung zu vermeiden, mit einer grossen Glasglocke überdeckt.

Die beiden Bodencylinder wogen diesmal beim Beginne des Versuchs:

A. (locker)	244,47 g
B. (fest)	255,65 „

und enthielten demnach Wasser:

A.	1,12 g = 0,6 Proz. der trocknen Erde
B.	1,53 „ = 0,8 „ „ „ „

Von einer Wasseraufnahme der Böden war diesmal längere Zeit hindurch äusserlich nichts zu spüren, eine Farbenveränderung trat in den ersten Tagen selbst an den untersten Bodenschichten nicht

hervor und wiederholte Wägungen der Cylinder lieferten folgendes Resultat:

1 Stunde nach Beginn des Versuchs wogen:

A. (locker)	244,70 g
B. (fest)	255,85 "

nach 6 Stunden wogen:

A.	245,10 g
B.	256,17 "

nach 30 Stunden:

A.	246,02 g
B.	257,00 "

und nach 4 Tagen:

A.	247,64 g
B.	258,47 "

Nach viertägigem Verweilen auf dem feuchten Sande enthielten demnach die beiden Böden Wasser:

A.	4,29 g = 2,3 Proz. der trocknen Erde
B.	4,35 " = 2,4 " " " "

sie hatten also unter diesen Verhältnissen nicht viel mehr Wasser aus dem feuchten Untergrunde angezogen, als sie in dem im achten Kapitel mitgetheilten Versuche während der gleichen Zeit aus einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre aufgesogen hatten.

Als man hierauf die Cylinder wieder auf ihre feuchte Unterlage zurückbrachte und weiter beobachtete, konnte man nach einigen Tagen allerdings endlich ein Dunklerwerden des Bodens konstatieren, aber die Wasseraufnahme schritt offenbar nur äußerst langsam vorwärts.

Nach 16 Tagen reichte die dunklere Färbung des Bodens

im Cylinder A.	17 mm
" " B.	30 "

vom Grunde an aufwärts und die Cylinder wogen zu dieser Zeit:

A. (locker)	253,34 g
B. (fest)	266,40 "

Sie enthielten demnach Wasser:

A.	9,90 g = 5,5 Proz. der trocknen Erde
B.	12,28 " = 6,7 " " " "

Als der Versuch noch weiter fortgesetzt wurde, blieb die Trägheit der Wasseraufnahme dieselbe.

Erst nach Verlauf eines Vierteljahres hatte sich der feste Boden soweit vollgesogen, daß der Inhalt des Cylinders bis zur Oberfläche herauf dunkel und feucht erschien. Bei dem lockeren Boden im Cylinder A. reichte die dunklere Färbung nach 118 Tagen erst bis zu einer Höhe von 50 mm vom Grunde.

Am 119. Tage des Versuchs betrug das Gewicht der Cylinder:

A. (locker)	262,72 g
B. (fest)	275,71 „

Die Böden enthielten demnach zu dieser Zeit Wasser:

A. (locker) 19,37 g = 10,6 Proz. der trocknen Erde
B. (fest) 21,59 „ = 11,9 „ „ „ „

Obwohl der Sättigungspunkt unserer Erden hiermit noch keineswegs erreicht war, glaubten wir doch den nun schon ziemlich vier Monate dauernden Versuch jetzt abbrechen zu dürfen.

Am wichtigsten erscheint der ganz bedeutende Unterschied in der wasserfassenden Kraft ein und deselben Bodens, je nachdem er sich in lockerem oder festem Zustande befindet, der sich in unserem Falle etwa = 26 : 40, sagen wir wie 2 : 3 stellte.

Unser Gartenboden vermochte in lockerem Zustande einhalbmal mehr Regen aufzunehmen und festzuhalten wie im festen.

Zwar hatten wir den Unterschied in der Lagerung durch leichtes Einfüllen einerseits und durch oft wiederholtes Stampfen andererseits möglichst groß gemacht. Wenn man aber einmal in den tieferen Untergrund eines Bodens hineingräbt und sieht, welche Mühe man hat, vorwärts zu kommen, wie fest dort die einzelnen Bodenpartikeln gedrückt und wie miteinander verkittet sind, so wird man die Differenz nur den praktischen Verhältnissen entsprechend finden. Und dann ergeben sich aus dieser Thatsache verschiedene nicht unwichtige Beziehungen zur Praxis.

Referent persönlich z. B. glaubt, daß die vorzüglichen Erfolge der Tiefkultur selbst in geringeren Bodenarten ebenso sehr und in einzelnen Fällen sogar noch mehr dem verbesserten Verhalten des

geloockerten Bodens zum Wasser zuzuschreiben sind, als dem Aufschließen neuer Nährstoffquellen in den tieferen Schichten, und sieht aus demselben Grunde in dem Tief- und Untergrundspflügen oder noch besser in dem Rajolen ein wirksameres Mittel zur Steigerung der Erträge auf „lehmigem Sande“ oder „schwach lehmigem Sande“, als in einer hochgesteigerten Zufuhr käuflicher Dünger.

Leider ist für den eigentlichen Sandboden, besonders für den gröbereren, an Feldspath und Glimmer armen, fast nur aus Quarz bestehenden Sand, auch in dieser Richtung wenig Hülfe zu hoffen, weil, wie schon erwähnt, der Volumenunterschied in lockerem und festem Zustande bei demselben nur klein und deshalb die Differenz der wasserhaltenden Kraft deselben in beiden Fällen voraussichtlich nur gering ist.

R ü c k b l i c k.

Das Wasser ist einer der beachtenswertesten Faktoren, von denen das Wachstum der Pflanzen abhängt, das predigt laut jeder einzelne von den Versuchen, welche in den neun Kapiteln dieses Abschnittes mitgeteilt sind.

Wer bei der Ausführung von Kulturversuchen nicht auf die sorgfältigste Regulierung der Bodenfeuchtigkeit Rücksicht nimmt, der mag von vornherein auf einen erfreulichen Erfolg verzichten.

Eine Pflanze erzeugt nur so lange das durch die übrigen Fruchtbarkeitsfaktoren bedingte Maximum an Körpersubstanz, als der Ersatz von Wasser durch die Wurzeln gleichen Schritt hält mit der Verdunstung von Wasser durch die oberirdischen Teile.

Von dem Momente an, wo die erstgenannte Thätigkeit hinter der letzteren zurückbleibt, wird der Umsatz gehemmt und die Produktion unter das sonst mögliche Maß herabgedrückt.

Dieser leidende Zustand spricht sich nicht sofort im äußeren Ansehen der Gewächse aus, er kann lange und dauernd vorhanden sein, ohne sich auf andere Weise kenntlich zu machen, als durch das

Kleinerbleiben der Pflanzen im Vergleich zu mehr begünstigten Schwesterexemplaren, ebenso wie sich ein relativer Mangel an Stickstoff oder Phosphorsäure im Boden nicht sofort durch Krankheitserscheinungen oder abnorme Bildungen an den Gewächsen auffällig macht, sondern nur in der Verminderung der Erträge seinen Einfluß zeigt.

Das Welken der Pflanzen tritt erst ein, wenn sich dieser Zustand seinem Extreme nähert, und bezeichnet dann, wenn nicht bald eine Änderung der Verhältnisse erfolgt, den Beginn des Todes der Gewächse.

Wir hatten uns am Eingange dieses Abschnittes die drei Fragen gestellt:

Wie viel Wasser verdunstet eine normal vegetierende Pflanze durchschnittlich unter unseren Versuchsverhältnissen?

Wie viel Feuchtigkeit darf und muß der Boden enthalten, wenn er den Pflanzenwurzeln die Möglichkeit bieten soll, der Pflanze allezeit einen im richtigen Verhältnisse zur Verdunstung stehenden Wasserersatz zu beschaffen?

Auf welche Weise ist dieser wünschenswerte Grad der Bodenfeuchtigkeit am richtigsten herzustellen und zu erhalten?

Und wir können jetzt dieselben wie folgt beantworten:

Die Wasserverdunstung durch die Pflanzen hängt von der Luftwärme, der relativen Feuchtigkeit der umgebenden Atmosphäre und mehreren anderen äußeren wie inneren Ursachen ab und ist deshalb in hohem Grade schwankend. In verschiedenen Jahrgängen und in jeder klimatisch verschiedenen Örtlichkeit wird die Verdunstungsgröße der Gewächse eine andere sein.

Unter den meteorologischen Verhältnissen von Dahme wurde im Durchschnitte der Jahre von den durch uns geprüften landwirtschaftlichen Kulturpflanzen während der ganzen Vegetationszeit etwas mehr als das 300fache der produzierten oberirdischen Trockensubstanz an Wasser zur Transpiration verbraucht (die Leguminosen schienen davon etwas weniger, 280 bis 310 g Wasser, die Sommergetreidearten, Polygoneen und Sommerölfrüchte etwas mehr, 310 bis 380 g Wasser pro 1 g oberirdische Trockensubstanz, zu bedürfen).

Diese notwendigen Wasserquantitäten muß der Boden den Pflanzen allezeit leicht und in demselben Tempo, wie sie verbraucht

werden, zu liefern vermögen, wenn diese das durch die übrigen Faktoren der Fruchtbarkeit bedingte Maximum des Ertrags wirklich erreichen sollen. Fehlt etwas von dieser notwendigen Wassermenge, oder wird, wenn die Bodenfeuchtigkeit auch nur zeitweise unter eine gewisse Grenze der wasserfassenden Kraft der Erde sinkt, der Ersatz des Wassers langsamer als der Verbrauch desselben durch die Transpiration, so hat dies sofort eine Verminderung der Produktion zur Folge.

Selbst kürzere Mangelperioden in dieser Richtung sind schädlich. Fallen dieselben in die Jugendzeit der Gewächse, so beeinträchtigen sie die Ausbildung des Strohes; treten sie in der Lebensperiode der Pflanzen ein, in welcher dieselben mit der Bildung der Blüten- und Fruchtorgane beschäftigt sind, so schädigen sie die Entwicklung der Körner.

Den Ersatz für das durch die Transpiration verbrauchte Wasser scheint ein Boden unter allen Umständen in ausreichender Menge und mit der erforderlichen Raschheit leisten zu können, solange sein eigener Feuchtigkeitsgehalt nicht unter ein Drittel seiner wasserfassenden Kraft herabsinkt.

Ein Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, welcher 80 Proz. der wasserfassenden Kraft erreicht oder überschreitet, wird unter allen Umständen der Pflanze dadurch schädlich, daß die Wasserzufuhr in abnormer Weise die Verdunstung überwiegt.

Bei Kulturversuchen wird man den Pflanzen die günstigsten Bedingungen für das Wachstum bieten, wenn man die Feuchtigkeit des Bodens konstant möglichst nahe auf 50 bis 60 Proz. seiner wasserfassenden Kraft erhält.

Bedeutende Abweichungen von dieser Regel, besonders größere Differenzen bei den einzelnen Gliedern einer zusammengehörigen Versuchsreihe, die unter sich streng vergleichbar bleiben sollen, und Sorglosigkeit in der fortwährenden Regulierung der Bodenfeuchtigkeit überhaupt rächen sich unausbleiblich in der Ungenauigkeit und Unsicherheit der Resultate.

Noch wichtiger als bei den Kulturversuchen müssen die Beziehungen des Wassers zum Pflanzenleben in dem praktischen Betriebe der Landwirtschaft erscheinen.

Nur wenn der Boden im stande ist, jederzeit, ohne Unterbrechung und voll Ersatz zu leisten für das von den Pflanzen transpirierte

Wasser, entwickeln sich die letzteren zur höchsten Vollkommenheit, liefern sie den größtmöglichen Ertrag.

Der Regen, der im Durchschnitte der Jahre fällt, führt, wie wir gezeigt haben, an vielen Punkten der Erdoberfläche dem Boden während der Vegetationszeit der Gewächse nicht soviel Wasser zu, daß der Bedarf derselben dadurch ganz gedeckt würde. Dabei sind die Regenniederschläge zufällig, unregelmäßig und kommen zuweilen erst nach wochenlangen Pausen.

Der Boden, der als Sammler, Erhalter und Verteiler des Regens dienen soll, ist in seinen physikalischen Eigenschaften unendlich verschieden; es gibt Bodenarten — weit verbreitete Bodenarten —, die entschieden nicht imstande sind, soviel Regen zu sammeln und innerhalb des Bereichs der Pflanzenwurzeln festzuhalten, daß sie damit unter allen Umständen und dauernd die höchsten Ansprüche befriedigen könnten, welche die Vegetation der landwirtschaftlichen Kulturgewächse an sie stellt.

Nur in den seltensten Fällen ist es dem Landwirte möglich, die Wassermenge, welche ihm die Natur versagt, seinen Kulturen auf künstlichem Wege zuzuführen.

Im siebenten Kapitel des dritten Abschnittes hatten wir den allgemeinen Satz aufgestellt:

„Die Menge des Lichtes, welches während der Vegetationszeit auf eine gegebene Bodenfläche fällt, bestimmt das mögliche Maximum des von derselben zu erntenden Ertrages.“

Jetzt fügen wir den weiteren Satz hinzu:

„Der Regenfall und die wasserfassende Kraft des Bodens aber bedingen an vielen, vielleicht den meisten Orten in erster Linie die faktische Höhe der Ernten, der durchschnittlichen sowohl wie der wechselnden jährlichen.“

Theoretisch haben alle Faktoren der Fruchtbarkeit eine vollkommen gleiche Bedeutung für das Pflanzenleben; ohne die notwendige Menge von Stickstoff oder Phosphorsäure vermögen die Pflanzen sowenig eine Maximalernte zu produzieren wie ohne Wasser. Für die Praxis aber gewinnen die Stoffe sehr bald eine sehr ungleiche Wichtigkeit, denn einen Mangel an Stickstoff oder Phosphorsäure im Boden vermag der Landwirt leicht und ohne übergroße Kosten auszugleichen, einem Mangel aber von Wasser im Boden kann er nur

ganz ausnahmsweise abhelfen. In der Regel wird er dieser Forderung vollkommen hilflos gegenüberstehen.

Diese Sätze greifen tief in alle praktischen Verhältnisse des Ackerbaues ein und es sei erlaubt, einige wenige davon kurz und aphoristisch zu berühren.

Wir haben schon die schwerwiegende Differenz des Nähern dargestellt, die zwischen einem Sandboden, welcher eine Decke von lehmigem Sande hat, und zwischen einem Sandboden, dem diese Decke fehlt, bezüglich der Aufnahme und Verteilung des Regens stattfindet.

Ähnliche Unterschiede treten auf bei jedem andern Wechsel in der Lagerung und Schichtung der Bodenformationen.

Ein gutes Bodenprofil stellt die Folge: $\frac{\text{lehmiger Sand}}{\text{Lehm}} \frac{\text{Lehmmergel}}{\text{Lehm}}$ dar.

Häufig genug tritt dasselbe in der Mark rein auf; fast ebenso häufig aber findet es sich in der Weise abgeändert, daß sich zwischen den lehmigen Sand und den Lehm noch eine Schicht Sand, in der Regel keilförmig, einschleibt. Man vergegenwärtige sich nun den Einfluß, den das Auftreten und die wechselnde Mächtigkeit dieser Sandschicht auf die Wasserverhältnisse des Bodens und damit auf seine Ertragsfähigkeit, Sicherheit und Bewirtschaftungsweise ausüben muß. Wie durchgreifend dieser Einfluß ist, das läßt sich in der Provinz Brandenburg jeden Tag an hunderten von Beispielen leicht beobachten, und wie auffällig derselbe ist, das möchten wir aus dem Umstande erschließen, daß, soweit unsere Beobachtungen reichen, unter diesen Umständen schon die Anlage der Dorfstätten meist dort erfolgt ist, wo die Sandeinschiebung fehlt, und daß die schon von alter Zeit her datierende Grenze der Binnen- und Aufsenfelder auf dem umgebenden Terrain meist ziemlich genau dort liegt, wo die Sandeinschiebung so mächtig wird, daß sie die Wasserverhältnisse in starkem Grade nachteilig zu beeinflussen beginnt.

Man erinnere sich weiter an die bedeutende Differenz in dem landwirtschaftlichen Werte eines solchen Sandbodens, der fast nur aus Quarz besteht, und eines solchen, der reich ist an Feldspatkörnern, von denen der erstere für alle Zeiten daselbe bleibt, was er heute ist, während der letztere durch die Wirkung der Verwitterung allmählich immer bindiger wird, damit seine wasserfassende Kraft, man darf sagen alljährlich erhöht und unter dem Pfluge sich so ver-

ändert, dafs er oft schon nach einem Menschenalter nicht wieder zu erkennen ist.

Man denke an den gewaltigen Unterschied in der Fruchtbarkeit selbst eines ziemlich reinen Quarzsandbodens, je nachdem derselbe in einer sogenannten „frischen“ oder in einer trocknen Lage liegt, je nachdem er betreffs der Wasserverhältnisse auf seine eigene schwache Kraft angewiesen ist, oder durch eine zufällige glückliche Neigung oder Faltung des Oberflächenterrains und der unterlagernden Gebirgsarten einen schätzenswerten Zuschufs von Druck- oder Grundwasser erhält.

Es ist uns zweifelhaft, ob diese Verhältnisse in der Taxierung und Bonitierung der Bodenarten aller Orten bis heute schon ihre volle Würdigung gefunden haben.

Oder überschätzen wir vielleicht den Einflufs der Bodenfeuchtigkeit auf den praktischen Betrieb? Wir können es doch nicht leugnen, dafs in allen den angeführten Beispielen nicht blos die Feuchtigkeit eine andere ist, sondern dafs dort immer auch zugleich veränderte Nährstoffverhältnisse mit ins Spiel kommen?

Nun, man versuche es, die Ertragsdifferenzen in den genannten Fällen durch Zufuhr von Dünger allein auszugleichen und sehe, wie weit man damit kommt.

Wo wird denn überhaupt in der Landwirtschaft der meiste käufliche Dünger verwendet? Geschieht dies auf den trocknen Sandböden, die von Haus aus so arm sind an umlaufendem Düngerkapital wie an Nährstoffvorrat, oder geschieht es auf den doch zweifellos viel reicheren Lehm-, Mergel- und Humusböden?

Man frage den Düngermarkt und man wird ohne Mühe finden, dafs, je besser der Boden ist, desto flotter immer das Düngergeschäft geht.

Und woher kommt diese scheinbare Anomalie? Produziert etwa eine Sandwirtschaft mehr Stalldünger als ein Bördegut? Oder ist die Intelligenz der Landwirte in den schlechten Gegenden ausnahmslos so gering, dafs sie das vortreffliche Mittel, welches ihnen der käufliche Dünger zur Hebung ihrer Ernten bietet, gar nicht zu würdigen wissen?

Gewifs keines von beiden; der Grund liegt anderswo. Die an Nährstoffen reichen Lehm-, Mergel- und Humusböden besitzen immer zugleich auch die günstigsten physikalischen Eigenschaften und regu-

lieren deshalb die Wasserverhältnisse in der für die Vegetation vorteilhaftesten Weise. Infolgedessen sind sie sicher und erweisen sich für jede Art von Düngung dankbar, während sich der trockne Sand aus den entgegengesetzten Ursachen in der Mehrzahl der Jahre unsicher und undankbar zeigen muß.

Auch auf dem Sandboden sind die käuflichen Düngemittel längst, oft und in ganz rationeller Weise geprüft; noch heute werden sie dort vorsichtig verwendet, und mit allem Rechte vorsichtig, denn nicht sie selbst, nicht ihre Menge und Mischung bedingen hier ihre Wirksamkeit, sondern ein außer ihnen liegender Faktor, der zufällig niedergehende Regen.

Man würde sehr irren, wenn man in diesen Kreisen die Menge des pro Hektar verwendeten Düngers als Maßstab für die landwirtschaftliche Intelligenz der betreffenden Besitzer annehmen wollte. Am rationellsten wirtschaftet jedenfalls der, welcher die Grenze der Erträge, die von den außerhalb der Macht des Menschen gelagerten Fruchtbarkeitsfaktoren örtlich gezogen ist, am schärfsten erkennt und sich bestrebt, das dadurch bedingte Mögliche zu erreichen, nicht aber durch falsche und verlorene Zwangsmittel Unerreichbarem nachläuft.

Dafs man in einer Gegend, welche eine zu niedrige Jahrestemperatur hat, den Weizenbau nicht durch eine vermehrte Stickstoffdüngung erzwingen kann, hält jedermann für selbstverständlich, dafs sich aber in einer Lage mit den günstigsten Wärmeverhältnissen ganz ebensowenig ein eventueller Wassermangel durch eine Nährstoffzufuhr ersetzen läfst, daran wird gar oft nicht gedacht.

Wir kennen eine ganze Anzahl tüchtiger Landwirte, die im Vertrauen auf die auf anderen Bodenarten gesammelten Erfahrungen und ausgerüstet mit reichem Betriebskapital, verführt durch die großen Flächen, die im Sandlande für billigen Preis zu erwerben waren, sich durch Übersehen dieser einfachen Wahrheit dort bittere Enttäuschungen geholt haben.

Durch Zufuhr von Wasser und Dünger zugleich sind natürlich auch auf dem an Nährstoffen ärmsten Sande die höchsten Erträge zu schaffen, das beweisen die Rieselfelder der kanalisierten Städte glänzend, das hatten die Mitglieder der Exkursion, welche von der XVII. Versammlung der deutschen Land- und Forstwirte im Jahre 1855 von Cleve aus nach Holland und Belgien abging, vortrefflich Gelegenheit in der belgischen Campine zu beobachten, wo inmitten der ärm-

lichsten Vegetation von Heidekraut und Kieferngestrüpp auf künstlich bewässerten und mit käuflichen Düngern versehenen Sanddämmen die edelsten landwirtschaftlichen Kulturgewächse in einer Vollkommenheit standen, wie man sie sonst nur selten auf dem reichsten Marschboden zu sehen gewohnt ist.

Aber nur der Dünger ist überall und jederzeit in beliebiger Menge zu beschaffen, nicht aber auch das Wasser, und das ist die Grundursache für den kolossalen Unterschied in den Erfolgen des landwirtschaftlichen Betriebes auf einem guten, sichern und auf einem leichten, unsichern Boden, die, wie uns dünkt, gewöhnlich nur von denen in ihrer vollen Bedeutung veranschlagt wird, welche selber gezwungen sind, unter den unvorteilhaftesten Bedingungen zu arbeiten. Wohlthaten, die uns stündlich ohne eigenes Zuthun von der Natur zufließen, werden ja in der Regel schnell wieder vergessen oder leicht ganz übersehen.

Ja es könnte fraglich erscheinen, ob in den Sandgegenden selbst schon überall der entscheidende Einfluss, den das Wasser auf die Höhe der Ernten ausübt, richtig und ganz erkannt ist. Wir möchten wenigstens glauben, daß heute mancher Hektar trocknen Sandes mühe- und kostenreich als Feld gequält wird, der seine Stelle für die Wirtschaft wie für den gesamten Staatshaushalt besser und segensreicher als Kiefernbestand ausfüllen würde.

Aber nicht bloß für das private Wirken des Landwirts hat dieser Punkt eine tiefgreifende Bedeutung, sondern auch für das öffentliche staatliche Leben; die Verkennung derselben hat schon Nachteile geschaffen und kann leicht noch mehr Unheil bewirken. Ein Beispiel genüge: Fast in allen europäischen Staaten ist man in der neueren Zeit allen Wünschen der Industrie mit einer gewissen Vorliebe entgegengekommen, zweifellos nicht selten auf Kosten der Landwirtschaft. Die Industrie verlangte leichte, bequeme Verkehrswege ins Innere der Länder. Man hat sie vieler Orten geschaffen durch Regulierung der Flüsse und unterhält sie durch fortwährende Tieferbaggerung der Flußbetten. Und was ist insonderheit dann, wenn noch ausgedehntere Abholzungen im Stromgebiete hinzutreten, die Folge davon für die Landwirtschaft? Die Verödung der Quellgebiete, häufigere und verderblichere Überschwemmungen in den Mündungsgegenden und das Sinken des Grundwassers zu beiden Seiten des mittleren Flußlaufes, in Folge des letzteren aber gleich-

zeitig das Sinken der Felderträge und das Trockner- und Geringerwerden der Wiesen.

Wie verderblich die Nichtachtung dieser und ähnlicher hierhin einschlagender Verhältnisse für ganze Völker werden kann, das lehrt uns in großen Zügen die Geschichte. Die Inseln und Grenzländer des Mittelmeeres waren zur Römerzeit die Kornkammern Italiens; heute liegen sie zum Teil als vollkommene Wüsten da, oder ernähren nur mit Mühe ihre dünne, anspruchslose Bevölkerung. Ist die Ursache hierfür wirklich nur in der allmählichen Aussaugung und Verarmung des Bodens an Pflanzennährstoffen zu suchen, oder liefern nicht die verwüsteten Wälder, die abgehauenen Frucht bäume, die zerfallenen Bogen der Wasserleitungen und die Ruinen der künstlichen Bewässerungsanstalten noch triftigere und haltbarere Erklärungsgründe?

In welcher strenger Abhängigkeit das Wohl und Wehe großer Landstrecken vom Wasser stehen kann, das zeigt am deutlichsten die nordöstliche Ecke von Afrika. Die geographische Größe des Landes Ägypten hängt ganz von der Art und Weise ab, wie die jeweilige Regierung das Wasser des Nils benutzt. Soweit die Kanäle gehen und die damit zusammenhängenden Bewässerungsanstalten, soweit reicht das bewohnte Ägypten. Jetzt bildet der uralte Josephskanal die Grenze. Bis hart an ihn heran tritt die libysche Wüste. Von dem Augenblicke an, wo man ihn verlassen liefse, würde ihn dieselbe überschreiten und das bewohnbare Land bis zum nächsten Parallelkanale verringern.

Wer Augen hat zu sehen, der wird die entscheidende Wichtigkeit der Bodenfeuchtigkeit für die Höhe der Ernten überall leicht herausfinden und wird uns beistimmen, wenn wir gewissermaßen das Ideal des Ackerbaues dort suchen, wo der Landwirt, durch seltene glückliche Umstände begünstigt, nicht nur über die Bodenkultur und Düngung, sondern auch über das Wasser frei und beliebig disponieren kann. Der Kernpunkt der mit Recht viel bewunderten Cunrauer Moorkulturen liegt nicht allein in der aufgebrauchten Sanddecke, sondern mindestens in gleich hohem Grade darin, daß Herr Rimpau sein Moor nicht rücksichtslos entwässert, sondern durch das sinnreich angelegte Schleusensystem den Wasserstand nach Bedarf reguliert und sich dadurch unabhängig macht von allen Launen der meteorischen Niederschläge.

In neuerer Zeit wird eine lebhaftige Agitation für eine umfassende und systematisch geplante Kanalisierung unseres deutschen Vaterlandes betrieben. Das Unternehmen faßt in erster Linie die Vorteile ins Auge, die es dem deutschen Handel bietet, und wer wollte den Segen, den es in dieser Beziehung bringen muß, leugnen? Wir vermögen nicht zu beurteilen, inwieweit man hoffen darf, damit auch eine landwirtschaftliche Nutzung des Wassers verbinden zu können, aber davon sind wir überzeugt, daß die Wohlthaten des Werkes in vielen Fällen in dem Grade wachsen würden, in welchem sie gleichzeitig dem Ackerbaue nutzbar gemacht werden könnten. Es giebt in unserm Vaterlande Gegenden genug, wo jede Tonne Wasser einen Zuwachs an Korn zu repräsentieren vermag, und wo jede Nichtbenutzung oder Verschwendung desselben dem direkten Verluste einer gewissen Summe unseres Nationalvermögens gleichkommt.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Die agrikulturchemische Methode der sogenannten Sandkultur.

Die Vorzüge, welche die Sandkulturmethode, d. h. die Methode, Pflanzen in verhältnismäßig kleinen Gefäßen mit einem möglichst reinen Quarzsande und dem Zusatze beliebiger Nährstofflösungen zu erziehen, vor den Feldversuchen hat, liegen darin, daß man bei derselben

1. mit alleiniger Ausnahme des Lichtes, dessen Intensität und Menge heute noch durch keinen Apparat befriedigend zu bestimmen ist, mit lauter bekannten Faktoren arbeitet, daß man

2. alle Wachstumsbedingungen der Pflanzen vollständig beherrscht und eine jede derselben nach Belieben regeln und variieren kann, und daß es

3. leicht ist, in den Fällen, wo man sich der Herrschaft über einzelne Fruchtbarkeitsfaktoren (z. B. über Licht und Wärme) freiwillig begiebt, die Einwirkung dieser auf jedes einzelne Glied größerer Versuchsreihen vollkommen gleich zu machen.

Sinn und Berechtigung, solche Versuche auszuführen, hat es nur, wenn man ihnen diese Vorzüge auch wirklich nach allen Richtungen hin voll bewahrt.

Die Versuche, die wir in den vorhergehenden vier Abschnitten besprochen haben, lehren in dieser Beziehung mancherlei, was zu berücksichtigen ist, und können verschiedene Andeutungen geben, wie

das Ziel praktisch am besten zu erreichen ist. Wir wollen daraus das hier in gedrängter Form zusammenstellen, was uns wichtig erscheint, und man wird es uns nicht übel nehmen, wenn wir noch diese oder jene anderweite Beobachtung mit hinzufügen, die wir bei unseren Arbeiten mit der Methode gelegentlich machten, leider oft zu spät, um sie noch selber nutzen zu können.

In erster Linie wird in Frage kommen die

Wahl des Bodenmaterials.

und gleich dieser Punkt trifft die schwächste Seite der Sandkultur.

Nach dem, was wir über den Gegenstand schon in der Einleitung gesagt haben, dürfen wir uns hier wohl auf folgende kurze Sätze beschränken.

Die Anforderungen, welche man an ein Bodenmaterial richten muß, um es für die Versuchszwecke geeignet zu finden, werden folgende sein:

Daselbe muß vor allem leicht in ziemlich großen Quantitäten zu beschaffen sein; seine physikalischen Eigenschaften müssen sich denen eines guten Kulturbodens möglichst nähern — ein zu grobkörniges und ein zu feinpulveriges, wie ein zu ungleich gemengtes Material wird sich sofort als ungeeignet erweisen; ferner muß es in reinem und kohlenurem Wasser unlöslich sein und den Einflüssen der Verwitterung möglichst großen Widerstand entgegensetzen; es muß frei sein von allen Beimengungen, die den Pflanzen als Nährstoffe dienen, oder auf dieselben schädlich einwirken können; und es muß sich gänzlich indifferent verhalten gegen die als Nährstoffe beizugebende Salzlösung.

Wir kennen keinen Stoff, der allen diesen Anforderungen gleichzeitig zu entsprechen vermöchte, aufser dem reinen Quarzsand. Alle Versuche, andere Materialien durch verschiedene Manipulationen für unsere Zwecke tauglich zu machen, scheiterten rasch und gänzlich.

Leider kommt ein reiner Quarzsand in der Natur fertig gebildet nicht vor.

Es liegt nun der Gedanke gewifs nahe genug, sich einen solchen durch Zerkleinerung von Bergkrystall künstlich zu verschaffen, aber man wird denselben bald als unfruchtbar fallen lassen, wenn man

erwägt, daß die wirklich reinen Vorkommnisse von Quarz immerhin selten sind, daß die technischen Schwierigkeiten, den Quarz zu zerkleinern, an sich schon groß sind, daß es aber besonders schwer halten würde, einen Sand von durchaus gleichmäßigem Korne — und darauf kommt es unbedingt an — herzustellen, und daß es nach Allem immer noch sehr fraglich bleibt, ob die spitzen, scharfkantigen und schneidenden Splitter, die man bei der künstlichen Zertrümmerung des Quarzes erhalten würde, den Pflanzenwurzeln einen angenehmen und vorteilhaften Standort zu bieten vermöchten.

Es wird also nichts Anderes übrig bleiben, als für Pflanzenkulturversuche in festen Medien als Bodenmaterial irgend einen der in der Natur vorkommenden unreinen Quarzsande ins Auge zu fassen und diesen vor der Benutzung soweit als möglich zu reinigen.

Sande, aus denen sich auf diese Weise, wenn auch kein vollkommener, so doch ein für die meisten Versuchszwecke brauchbarer Boden herstellen läßt, giebt es in den alluvialen, den diluvialen und tertiären Schichten.

Man wähle einen von Feldspat und Glimmer, sowie von thonigen und kalkigen Beimengungen möglichst freien Sand und präpariere ihn durch Glühen, sorgfältiges, andauerndes Schlämmen, eventuell wiederholtes Auskochen mit kräftigen Säuren und Auswaschen — und es wird im allgemeinen nicht schwer halten, sich ein Bodenmaterial zu verschaffen, welches absolut frei ist von jeder Stickstoffverbindung wie von Phosphorsäure, und welches zwar nicht chemisch rein genannt werden kann in Bezug auf Kali, Kalk, Magnesia und Schwefelsäure, aber doch von keinem dieser Stoffe soviel enthält, daß der Bedarf kräftig vegetierender Kulturpflanzen dadurch gedeckt werden könnte.

Über die Weise, wie man bei der Präparation des Sandes praktisch am zweckmäßigsten vorgeht, glauben wir hier nichts Spezielleres sagen zu müssen; dieselbe richtet sich nach den Verhältnissen und ist leicht gefunden. Wie wir in unserem Falle verfahren, werden wir bei einer späteren Gelegenheit des Näheren zu berichten haben.

Aber nach einer anderen Richtung wollen wir nicht unterlassen, den Rat zu geben:

„Man wähle unter allen Umständen nur einen Sand von feinem Korne.“

Grobkörnige Sandarten fassen eine so geringe Menge Wasser,

dafs man bei dem Bestreben, ihnen die zur Erzeugung einer erwünscht grofsen Pflanzenmasse nötigen Nährstoffe in löslicher Form einzuverleiben, leicht in die Gefahr kommt, eine zu hohe und schädliche Konzentration der Nährstofflösung zu erhalten. Will man diese Gefahr vermeiden, so steht man sofort wieder vor der unangenehmen Alternative, entweder unverhältnismäfsig grofse Sandmassen für jeden Einzelversuch verwenden zu müssen, oder die Nährstoffe in verschiedenen Absätzen periodenweise zu verabreichen, und dadurch eine fühlbare Unzulänglichkeit der Wasserkulturmethode in die Sandkultur zu übertragen. (Bei dem Suchen nach einem erwünschten Rohsande wird man bei gewissen technischen Gewerben, wie z. B. Glas-, Thonwarenfabriken u. dergl. in der Regel eine hochwillkommene Unterstützung finden.)

Endlich wird es nicht schaden hier noch besonders daran zu erinnern, dafs der Sand ein Bodenmaterial darstellt, welches, wenn auch in hohem Grade porös, doch nicht eigentlich das ist, was der praktische Landwirt „gar“ nennt. Trocken eingefüllt und dann mit Nährstofflösung begossen nimmt derselbe besonders in hohen Gefäfsen eine recht feste Beschaffenheit an, die zwar von gewissen Pflanzenarten ohne Nachteil vertragen wird, das Gedeihen anderer aber absolut unmöglich machen kann.

Gilt es, Gewächse der letzteren Art zu kultivieren, so wird man sich dadurch zu helfen vermögen, dafs man den Sand vor dem Einbringen in die Kulturgefäfsen mit Wasser, oder direkt mit der ihm bestimmten Nährstofflösung anfeuchtet. Solchem feuchten Sande gelingt es unschwer, je nach der Art wie man ihn einstreut und je nach dem, wie man ihn mehr oder weniger, oder auch gar nicht andrückt, ein beliebig lockeres Gefüge zu verleihen, welches sich bei übrigens sorgfältiger Behandlung der Gefäfsen auch so erhalten läfst, dafs das Gedeihen selbst derartiger Pflanzen gesichert ist, welche sich gegen eine ungünstige mechanische Beschaffenheit des Bodenmaterials sehr empfindlich erweisen.

Nach dem Bodenmaterial wird man sein Augenmerk zu richten haben auf die Wahl geeigneter

Kulturgefäße.

Was zunächst das Material zu den Kulturgefäßen anlangt, so dürfte es wohl kaum irgend einen Stoff geben, welcher mit einem guten, weissen, schwierig schmelzbaren Glase zu konkurrieren vermag.

Wir haben bei unseren Versuchen hinreichende Gelegenheit gehabt, seine verschiedenen Vorzüge würdigen zu lernen, und es ist uns keine unangenehme, für die Pflanzenvegetation ungünstige Eigenschaft deselben aufgestossen.

Das Glas ist ein schlechter Wärmeleiter und mäfsigt den Einfluß plötzlicher starker Schwankungen der Lufttemperatur und der Sonnenwärme auf den Boden und auf die Wurzeln der Versuchsgewächse; — schon diese Eigenschaft ist schätzbar; noch viel mehr aber ist es die folgende:

Das Glas ist durchsichtig und erlaubt eine bequeme fortlaufende Beobachtung der Entwicklung des Wurzelsystems; manche auffallende sonst schwer erklärbare Erscheinung im Verlaufe der Vegetation dieser oder jener Versuchspflanze findet dadurch ihre sofortige befriedigende Lösung. Freilich schafft dieselbe Eigenschaft auch der Einwirkung des Lichtes auf die an die Gefäßwand herantretenden Pflanzenwurzeln freies Spiel; aber wenn man Nachteile von einer solchen befürchtet, so ist dem leicht dadurch abzuhelfen, dafs man dem Gefäße einen losen, jeden Augenblick leicht zu entfernenden Mantel von einem undurchsichtigen Stoffe, etwa von Pappe oder dergleichen hinzufügt. Nach unseren Erfahrungen braucht man übrigens grofse Befürchtungen in dieser Beziehung nicht zu hegen. Wir sorgten bei unseren Experimenten durch vorgestellte Schutzbretter einfach dafür, dafs unsere Vegetationsgefäße soviel als möglich nicht von den direkten Sonnenstrahlen getroffen wurden, scheuten uns nicht, den Pappmantel, den wir in den ersten Versuchsjahren ebenfalls anwendeten, späterhin fortzulassen und haben nie Veranlassung gehabt, dies als eine Nachlässigkeit betrachten zu müssen, welche die Versuchsergebnisse hätte trüben können.

Das Glas ist nicht porös und läßt infolgedessen weder etwas von der Bodenfeuchtigkeit durch sich hindurch verdunsten, noch saugt es etwas von der nur für die Versuchspflanzen bestimmten Nährstofflösung in sich auf. Freilich gestattet es andererseits auch der Luft durch sich hindurch keinen Zutritt zum Boden. Aber diese Ventilation, falls sie in der That so absolut notwendig sein sollte, ist leicht auf andere Weise zu ersetzen. Man giebt, bevor die Gefäße mit Sand beschickt werden, auf den Boden derselben eine 1 bis 2 cm hohe Schicht von etwa erbsen- oder bohnen großen reinen Quarzstückchen, überdeckt dieselben mit einer dünnen Lage reiner Baumwolle und füllt darauf den Sand. Setzt man diese als Luftdrainage dienende Steinschicht entweder durch ein kleines Loch, welches wie bei den gewöhnlichen Blumentöpfen durch den Gefäßboden gebrochen ist, oder durch eine Glasröhre, welche in die Steinschicht senkrecht eingestellt wird und durch den Sand bis etwas über den oberen Rand des Gefäßes hinauf reicht, mit der äußeren Luft in Verbindung, so wird dadurch eine Ventilation des Bodens erzielt, die allen Anforderungen genügt und die mangelnde Porosität der gläsernen Gefäßwände nie vermischen läßt. Geht man mit der Wassergabe während der Vegetationszeit niemals bis zur äußersten Grenze der wasserhaltenden Kraft des Sandes, so tritt von der Nährstofflösung nie etwas in die unterste Steinschicht über, höchstens saugt die dünne Baumwolllage ein wenig davon in sich auf, aber auch dadurch wird jedenfalls kein Verlust von Nährstoffen bedingt, denn man findet immer nicht nur die Baumwolle, sondern auch die unterliegende Steinschicht von einer ganzen Menge Wurzelfasern durchsetzt und durchspannen. Eventuell kann man ja noch vorsichtshalber die Baumwolle vor dem Einbringen in die Gefäße noch mit einem öligen oder harzigen Stoffe imprägnieren und ihr dadurch die Fähigkeit nehmen, sich mit Wasser zu netzen.

Endlich ist das Glas beinahe unlöslich und den Einflüssen der Verwitterung sehr schwer zugänglich. Freilich nur „beinahe“ und „schwer“ und es wird sich deshalb empfehlen, um der Abgabe von Nährstoffen aus den Gefäßwandungen vollständig vorzubeugen, die innere Oberfläche der Kulturgefäße mit einem leichten Überzug von Firnis oder Harz zu überziehen. Man opfert damit nichts von der Durchsichtigkeit derselben und stellt sich vollkommen sicher.

Alles in Allem genommen sind die Vorzüge eines guten, weissen,

harten Glases so einleuchtend, daß man bei der Wahl eines passenden Materials für die Kulturgefäße wohl kaum in Zweifel geraten kann, und wir dürfen die Aufmerksamkeit auf einen anderen Gegenstand lenken, nämlich auf die Wahl einer zweckmäßigen Form und Größe der Gefäße.

Man würde sehr unrecht thun, wenn man diesen Punkt für gleichgültig oder wenig bedeutend für den Erfolg der Versuche ansehen wollte. Wir sind im Gegenteile davon überzeugt, daß schon mancher mühevollen Kulturversuch einzig an der Nichtbeachtung desselben gescheitert ist.

Es ist kein Kunststück, eine Haferpflanze in einen Glascylinder von beispielsweise 10 cm Durchmesser und 40 cm Höhe zu einer sehr befriedigenden Entwicklung zu bringen, aber wer würde auf den Gedanken kommen, eine Kartoffel, die von der Natur darauf angewiesen ist, ihre Stolonen, an denen sich die jungen Knollen ansetzen sollen, nach allen Seiten hin im Boden wagrecht auszubreiten, oder eine Zuckerrübe in einem eben solchen Cylinder zu einer normalen Pflanze zu erziehen?

Das sind ein paar Beispiele, bei denen die Ungereimtheit auf der Hand liegt. Aber fast bei jeder verschiedenen Pflanzenart ist für den Bau der Wurzel eine andere architektonische Idee zu Grunde gelegt, eine jede hat das Bestreben ihr Wurzelsystem in etwas anderer Weise natürlich im Boden zu entwickeln. Zwar ist die Fähigkeit, sich den äußeren Verhältnissen anzupassen, gerade bei dem Wachstum der Wurzel ziemlich groß und das Vermögen erfahrene Störungen zu überwinden, bedeutend entwickelt. Sollte es aber für den Erfolg eines Versuchs ganz gleichgültig sein, ob man in dieser Richtung den natürlichen Forderungen seiner Pflanzen nach Möglichkeit entgegen kommt, oder ob man ihre Widerstandskraft bis aufs Äußerste herausfordert?

Gewiß der Rat:

„bei der Entscheidung über die Form der Gefäße
schenke man dem Baue der Wurzel der Versuchspflanze die gebührende Rücksicht“

ist kein überflüssiger. Unsere eigenen Erfahrungen über diesen Gegenstand sind nicht so weit gediehen, daß sie uns berechtigten, hier noch weiter auf denselben einzugehen, aber wir glaubten uns verpflichtet, wenigstens die Aufmerksamkeit auf ihn hinzulenken.

Nicht minder wird es einige Überlegung verdienen, ehe man sich für eine bestimmte Gröfse der Kulturgefäße entscheidet.

Je größer die Massen sind, mit denen man zu arbeiten gezwungen ist, desto größer sind die Versuchsfehler; dieser Satz gilt für die Kulturversuche ganz ebensogut wie für die Analyse, und es ist deshalb der Wunsch ganz natürlich, sich betreffs der Gröfse der Kulturgefäße soweit einzuschränken, als es irgend zulässig erscheint.

Andrerseits aber liegen auch triftige Gründe vor, mit dieser Einschränkung nicht zu weit zu gehen. Es ist sicher eine vollberechtigte Forderung, wenn man von jedem Experimentator zu allererst den Nachweis verlangt, daß er unter Versuchsbedingungen arbeitet, welche eine normale Entwicklung der Pflanzen nach allen Richtungen gestatten, und dazu scheint uns unbedingt zu gehören, daß die Versuchspflanzen sich zu mindestens einer mittleren Gröfse und Schwere ihrer Art zu entfalten vermögen. In Miniaturgefäßen ist solches nicht möglich. Weiter wird der Wunsch, in jedem Einzelversuche so viel Pflanzenmasse zu ernten, daß dieselbe eine sichere analytische Bestimmung auch einzelner Nährstoffe erlaubt, die Verwendung schon größerer Bodenmengen notwendig bedingen. Kurz auch bei der Wahl der Gröfse, die man seinen Kulturgefäßen geben will, berücksichtige man immer die Eigentümlichkeiten der Pflanzenart, welche man anzubauen beabsichtigt.

Die Kulturversuche, welche von Anderen und von uns ausgeführt sind, können dabei schon einen genügenden praktischen Anhalt bieten.

Hat man sich betreffs des Bodenmaterials und der Gefäße entschieden, so wird man an die Ansaat denken dürfen:

Die nächste Aufgabe wird hier bei den Sandkulturen sowohl, wie bei allen ähnlichen Vegetationsversuchen sein, mit kräftigen, normal gebildeten und möglichst gleich entwickelten Keimpflanzen in das eigentliche Experiment einzutreten, und das nächstliegende Mittel, sich solche zu verschaffen, ist eine sorgfältige

Samen-Auswahl.

Zwei entgegengesetzte Eigenschaften schlummern in jedem Pflanzensamen, die für uns jetzt noch in ein mystisches Dunkel gehüllt sind; man bezeichnet sie mit den Ausdrücken „Konstanz“ und

„Neigung zur Variation“, von denen die letztere in Kulturversuchen, bei denen man immer nur wenige, oft nur eine einzige Pflanze zur Beobachtung benutzt, recht störend werden kann.

An den Samen selber hat man zwar leider kein Mittel, zu erkennen, ob in ihm die Konstanz, oder die Neigung zum Variieren überwiegt, aber es giebt einen Weg, auf dem man praktisch die hieraus entspringenden Übelstände ziemlich vollständig vermeiden kann, es ist der, dafs man sich den Samen für seine Kulturversuche von einer Art oder Varietät, die sich schon als gut konstant erwiesen hat, auf einem möglichst rein gehaltenen Saatbeete selbst heranzieht und ihn nur von solchen Mutterpflanzen entnimmt, die ihren Art- oder Varietätencharakter am besten ausgeprägt zeigen.

Der Weg ist etwas langweilig und macht eine Mühe mehr, wir können aber nur jedem, der sich mit Pflanzenkulturversuchen beschäftigen will, dringend empfehlen, ihn zu gehen. Man entgeht dadurch auch noch manchem anderen Ärger und die hier verwendete Arbeit wird auf einer anderen Seite reichlich wieder eingebracht.

Wir selbst wurden durch die Erfahrung zu spät gewitzigt und verloren dadurch wiederholt empfindlich an kostbarer Zeit und Mühe.

Wir bezogen unsern Bedarf an Saatgut von befreundeten Landwirten oder renommierten Samenhandlungen, immer unter dem speziellen Hinweise auf den Zweck, zu dem uns daselbe dienen sollte, mußten aber trotzdem mit in den Kauf nehmen, dafs wir unter unserer kleinen vierzeiligen Gerste nicht selten Exemplare der großen zwei-zeiligen Art aufwachsen sahen; dafs wir eine Versuchsreihe mit Buchweizen auf die Hälfte der bcabsichtigten Nummern reduzieren mußten, weil sich bei der Aussaat von dem anscheinend sehr schönen Samen nicht mehr als 15 Proz. keimfähig erwiesen; dafs wir ein paar Versuchsreihen ganz kassieren mußten, weil sich der darin ausgesäete Sommerraps im Verlaufe der Vegetation als Winterraps entpuppte, und dergleichen Ärgernisse mehr.

Noch einmal: wir glauben nichts Besseres thun zu können, als wenn wir als erste Regel für die Ausführung von Kulturversuchen den Satz hinstellen:

„Man baue sich den erforderlichen Bedarf an Samen selbst, und erziehe ihn mit allen den Vorsichtsmafsregeln, welche eine möglichst hohe Konstanz deselben zu gewährleisten geeignet erscheinen.“

Hat man in dieser Beziehung das Seinige gethan, so wird es die nächste Aufgabe sein, aus seinem Samenvorrat diejenigen Samen auszuwählen, welche auf einer annähernd gleich hohen Stufe der Entwicklung stehen.

Auch auf dem bestbestandenen Felde reifen die Pflanzen nicht alle genau zu der gleichen Zeit, in jeder einzelnen gut entwickelten Schote, in jeder einzelnen normal entwickelten Ähre finden sich bessere und schlechtere, gröfsere und kleinere, schwerere und leichtere Körner nebeneinander. Und diese Unterschiede sind bedeutender, als man bei oberflächlicher Betrachtung einer gröfseren Samenmenge vermutet. Wir wollen nur ein Beispiel anführen. Im Jahre 1866 wurden aus zwei Metzen einer schönen Saatgerste, die vorher durch die gewöhnlichen landwirtschaftlichen Maschinen sorgfältig gereinigt worden war, zunächst die Partien ausgeschieden, deren spezifisches Gewicht zwischen 1,19 und 1,22 lag, und dann aus diesen die anscheinend gröfsten und die kleinsten Körner herausgesucht. Während die ersteren lufttrocken pro Stück 60 mgr wogen, betrug das Gewicht der letzteren nicht mehr als 12 mgr und wir fügen ausdrücklich bei, dafs dieselben nur klein, nicht aber verkümmert oder auffallend flach waren, und einen ganz normalen Querdurchmesser besaßen.

Wer sich seinen Saatbedarf selbst baut, der wird für eine zweckmäßige Saatauswahl schon bei der Ernte manches dadurch thun können, dafs er nur die leicht ausfallenden Samen, oder nur die in der Mitte der Ähren stehenden Körner für die Versuchszwecke reserviert. Man wird aber unter allen Umständen gut thun, sich damit nicht zu begnügen.

Ein einfaches Mittel, den Entwicklungsgrad eines Samens zu ermitteln, hat man in der Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichtes deselben. Ein grofser Samen enthält, wie wir oben experimentell nachwiesen, ein gröfseres Embryo und eine gröfsere Quantität von Reservahrung, als ein kleinerer derselben Art oder Varietät, und infolgedessen giebt er auch eine gröfsere, vollkommnere Keimpflanze. Zwar gelang es uns nicht, durch den Versuch auch für das spezifische Gewicht einen ähnlichen Einflufs auf die Entwicklung der Keimpflanze nachzuweisen, wenn man aber bedenkt, dafs die Trennung einer Samenpartie nach ihrem spezifischen Gewichte eine leichte und wenig Zeit kostende Arbeit ist, und dafs es bei den höchst-

komplizierten Verhältnissen, unter denen man bei Pflanzenkulturversuchen experimentiert, besser ist, des Guten einmal zu viel statt einmal zu wenig zu thun, so wird man auch dieses Hilfsmittels zu einer rationellen Samenauswahl sich ungern entschlagen, und wir dürfen wohl als zweite Regel aufstellen:

„Man benutze als Saatgut nur Samen von annähernd gleichem absolutem, wie spezifischem Gewichte.“

Auf welche Art und Weise man bei dieser Trennung praktisch am besten verfährt, darüber haben wir uns, soweit es das spezifische Gewicht angeht, schon oben S. 42 näher ausgelassen; bezüglich des absoluten Gewichtes fügen wir hinzu, daß man gut thun wird, ehe man die Wage benutzt, erst eine oberflächliche grobe Scheidung durch Auslesen nach dem Augenmaße vorzunehmen. Das Auge gewöhnt sich bald, auch geringere Größendifferenzen zu erkennen, und man spart dadurch wesentlich an Zeit und Mühe.

Weiter empfehlen wir, die Gewichtsgrenzen, welche man für die zu benutzenden Samen einhalten will, auf Grund eines mit einer kleineren Körnermenge angestellten Vorversuchs so zu legen, daß ungefähr die Hälfte des ganzen zur Auswahl genommenen Samenquantums als zu leicht unter die untere, und etwa ein Viertel derselben als zu schwer über die obere fällt.

Wir raten absichtlich nicht, seine Absicht auf die größten und schwersten Körner zu richten und zwar aus zwei Gründen. Zunächst erfüllen aufsergewöhnlich grofse und schwere Samen, wie uns gelegentliche Beobachtungen zeigten, in Bezug auf die aus ihnen hervorgehende Keimpflanze durchaus nicht immer die Erwartungen, die ihre Form erregt, und dann bilden dieselben ebenso wie die kleinen natürlich nur Ausnahmen im großen Haufen. Bei weitem die Mehrzahl aller Körner ist mittlerer Gröfse und wollte man nur die größten für Versuchszwecke auswählen, so dürfte man leicht in den unangenehmen Fall kommen, entweder die Gewichtsgrenzen, innerhalb deren dieselben unter sich noch differieren, sehr weit stecken zu müssen oder überhaupt nicht die benötigte Anzahl annähernd gleich schwerer Körner herauszufinden.

Es ist vielleicht ganz am Platze, gleich hier daran zu erinnern, daß man, wenn man unsere Vorschläge bei der Samenauswahl be-

folgen will, auch bei Benutzung der mittelgroßen Körner schon ein nicht unerhebliches Samenquantum bedarf.

Wir glauben fordern zu dürfen:

„Man stelle pptr. ein hundert Mal mehr Samen zur Auswahl, als man Versuchspflanzen zu bauen beabsichtigt“

und meinen, damit nicht über das Notwendige hinaus zu gehen; denn wenn man von hundert Samen ein Viertel von annähernd gleichem spezifischem Gewichte, und von diesem Viertel wieder ein Viertel mit annähernd gleichem absolutem Gewichte abscheidet, so behält man damit schon nicht mehr als etwa sechs Stück übrig. Benutzt man dann von diesen, wie uns das wünschenswert erscheint, wiederum nur die, welche zu gleicher Zeit keimen, so wird sich die Zahl auf zwei bis drei vermindern, und säet man endlich von den Körnern die doppelte Anzahl der gewünschten Versuchspflanzen aus, so wird man zuletzt keinen erheblichen Überfluß unnötig über behalten.

Hat man sich auf diese Weise ein erwünschtes Saatgut verschafft, so würden einige weitere Punkte sorgfältige Berücksichtigung erfordern bezüglich der

A u s s a t.

Fürs erste geben wir hierbei den praktischen Rat, die Samen bevor man sie ins Land giebt, in destilliertem Wasser, oder zwischen feuchtem Fließpapiere zum beginnenden Keimen zu bringen.

„Man benutze zur Aussaat nur schwach angekeimte Samen und zwar nur solche, die ihr Würzelchen nahezu gleichweit entwickelt haben.“

Wenn man nicht wartet, bis die Würzelchen ein oder einige Centimeter lang sind, oder gar bis der Blattkeim erscheint, und das ist vollständig unnötig (das Hervortreten des Würzelchens bis zur Länge von einigen Millimetern genügt durchaus), so erwächst daraus, wenn man anders bei dem Säen mit Vorsicht verfährt, keinerlei Schwierigkeit und ist eine Verletzung der zarten Organe nicht zu befürchten.

So unwesentlich die Sache für den ersten Blick erscheinen mag, so wenig ist sie es; auch sie vermag zu dem mehr oder weniger guten Gelingen eines Versuchs ihr Teil mit beizutragen.

Selbst unter den nach unseren obigen Angaben ausgewählten Samen wird sich noch immer ein gewisser, wenn auch geringer Prozentsatz von Körnern finden, die aus irgend welchem Grunde überhaupt keimunfähig sind; diese werden zunächst hierbei noch nachträglich ausgeschieden.

Aber auch normale, gesunde, keimfähige und anscheinend ganz gleich entwickelte Samen keimen nicht immer gleich schnell und energisch. Mögen hier eine ungleiche Durchdringbarkeit der Testa oder des ganzen Zellengewebes, oder was sonst immer für Ursachen vorliegen, erfahrungsmässig steht fest, dass die Differenzen in der Keimungsenergie unerwartet grosse sein können. Mufs sich zumal das Keimen in einer verhältnismässig niedrigen Temperatur vollziehen, so können diese Unterschiede leichtlich mehrere Tage, ja selbst Wochen betragen.

Säet man die Samen sofort aus, ohne sie vorher ankeimen zu lassen, so wird man nur von Glück zu sagen haben, wenn man nicht später gezwungen ist, sich über Fehlstellen und Nachzügler zu ärgern, oder überhaupt über ein schlechtes Aufaufen der Saat zu klagen; unter Umständen kann es kommen, dass man sich während der ganzen Versuchsdauer mit einem lückenhaften und ungleichmässigen Pflanzenbestande herumzuschlagen hat.

Weiter wird es ratsam sein, bei der Aussaat auch die Lage der einzelnen Körner im Boden nicht sorglos zu behandeln:

Als Regel mag gelten:

„Man placiere die Samen so, dass jeder eine möglichst gleich grosse Bodenmasse zur Verfügung behält und dass alle genau gleich tief unter der Bodenoberfläche zu liegen kommen.“

Auch diese Regel erscheint leicht unwichtiger, als sie ist; aber wenn man bedenkt, dass eine recht gleichmässige Verteilung des Wurzelwerks im Boden sicher nicht ohne Einfluss auf die Assimilation der Bodennährstoffe ist, und dass noch mehr eine möglichst regelmässige Stellung der oberirdischen Pflanzenteile notwendig ist für die volle Ausnutzung des auf die Fläche eines Kulturgefässes auffallenden Lichtes, so wird man die Bedeutung einer gleichmässigen Verteilung der Samen auf die Durchschnittsfläche des Bodens gern anerkennen. Andererseits aber erscheint es selbstverständlich, dass Ungleichheiten

in der Tiefe der Aussaat notwendig allerlei Unregelmäßigkeiten im Aufgehen der Saaten im Gefolge haben müssen.

Da die Durchschnittsfläche der gewöhnlich gebrauchten Kulturgefäße immer einen Kreis darstellt, so wird es leicht sein, für jede beliebige Anzahl von Samen eine mathematische Figur zu finden, deren Winkel eine regelmäßige Verteilung der Körner in der horizontalen Richtung garantieren. Noch leichter wird es sein, allen Samen eine gleich starke Bedeckung mit Boden zu verschaffen.

In letzterer Beziehung wird man sich nur daran erinnern müssen, daß die Samen nicht aller Pflanzenarten eine gleich tiefe Aussaat verlangen und vertragen. Als allgemeine Regel gilt, daß je kleiner das Saatkorn ist, desto flacher es untergebracht werden muß. Bei den Sandkulturversuchen glauben wir als zweckmäßige Saattiefen empfehlen zu können: für den kleinsten Samen, wie Klee, Rübsen und dergl. höchstens 1 cm; für die Getreidearten, Buchweizen etc. 2 bis 3 cm; für Samen von der Größe der Erbsen oder Lupinen 3 bis 4 cm; und für die größten, wie z. B. die Bohnen, 4 bis 5 cm.

Bezüglich der praktischen Ausführung fügen wir noch Folgendes bei: Im Beginne unserer Arbeiten versuchten wir als Hilfsinstrument bei der Aussaat eine kreisförmige hölzerne Scheibe zu benutzen, deren Durchmesser ein wenig geringer war, als das innere Lumen unserer Kulturgefäße. Auf der einen Seite waren in dieselbe soviel Holzpflocke, als man Körner pro Kulturgefäß zu legen beabsichtigte, in regelmäßiger Verteilung und von einer Länge, welche genau der gewünschten Saattiefe entsprach, eingesetzt, auf der anderen Seite trug sie einen bequemen Handgriff. Dadurch daß man dieses Instrument auf den in den Gefäßen bereit stehenden Sand aufsetzte und daselbe soweit eindrückte bis die Holzscheibe auf der Bodenoberfläche aufsaß, hoffte man immer mit einem Schläge sämtliche Pflanzlöcher in gewünschter Weise vor sich zu haben; aber das Ding erwies sich bald als unpraktisch; säete man in den trocknen Sand vor Zugabe der Nährstofflösung, so fielen bei dem Abnehmen der Scheibe die erzeugten Pflanzlöcher oft und unregelmäßig wieder zu, und säete man in den mit Nährstofflösung durchfeuchteten Boden, so blieb leicht etwas von diesem an den Pflockchen kleben, oder die Pflanzlöcher stellten im glücklichen Falle Höhlen mit festgequetschten Wandungen dar, in denen die Samenkörner sicher keine bequeme und vorteilhafte Lage fanden.

Auf die einfachste und zweckmäsigste Art wird man seine Absicht erreichen, wenn man von dem in den Kulturgefäßen befindlichen Sande zunächst soviel zurücknimmt, wie zu der beabsichtigten Bedeckung der Samen erforderlich ist, dann die Oberfläche des zurückgebliebenen Bodens sorgfältig ebnet und jetzt die einzelnen Körner mit Hilfe einer Pincette auf die ihnen bestimmten regelmässigen Örter legt. Die oben beschriebene Pflanzscheibe kann hierbei, wenn man ihre Pflöckchen kurz abstutzt, ganz gut als Marqueur dienen; man wird es aber auch mit kurzer Übung erreichen, blofs nach dem Augenmafs die richtigen Stellen mit genügender Sicherheit zu treffen. Nach diesem wird der zurückgenommene Sand als Decke über die Samen gestreut und gehörig eben gemacht.

Verfährt man bei dem Überstreuen des Sandes resp. dem Aufgiefsen der Nährstofflösung mit der erforderlichen Vorsicht, so behält jeder einzelne Same die ihm zuge dachte Stellung, liegt ohne Zwang im Boden und wird meistens zu rechter Zeit und am rechten Orte seine Keimpflanze zu Tage fördern.

Ein fernerer Punkt, der bei der Aussaat zu berücksichtigen wäre, wird die Zeit sein, in der man säet.

Verschiedene physiologische Funktionen in der Pflanze verlangen, wenn sie sich normal vollziehen sollen, ungleiche Intensität der Wärme und des Lichtes. Eine jede Pflanze stellt an diese beiden Kraftformen höhere Ansprüche in der Periode der Fruchtbildung, als in der Periode der Blattentwicklung, und in dieser wiederum höhere, als in der Keimperiode. Licht und Wärme aber lassen sich beide nicht wohl künstlich so regeln, wie man es gerade wünscht, oder braucht. Wir möchten bezweifeln, dafs es möglich ist selbst in einem Warmhause die meisten unserer landwirtschaftlichen Kulturgewächse im Dezember oder Januar zu einem in jeder Beziehung normalen Ausreifen zu bringen.

Gewisse Experimente, die nur eine zeitweise, kurze Beobachtung der Pflanzen bedingen, mag man anstellen, wenn es beliebt und sonst zweckmäsig erscheint, bei allen Versuchen aber, die sich über eine ganze Vegetationszeit erstrecken sollen und bei denen die Gesamtproduktion der reifen Pflanze das Schlufsresultat liefern mufs, wird es notwendig sein, diesem Punkte alle ihm gebührende Aufmerksamkeit zu schenken. Wenn man Hafer, der reif werden soll, im Juli

säet, so wird man auch bei Kulturversuchen in kleinen Kulturgefäßen und Glashäusern keinen beneidenswerten Erfolg erzielen.

Wir haben uns hierüber schon oben im 4. Kap. des 3. Abschnitts zur Genüge ausgesprochen und dürfen uns hier darauf beschränken, als weitere Regel den Satz zu formulieren:

„Für alle Kulturversuche, welche die Dauer einer ganzen Vegetationszeit umfassen sollen, wähle man die Saatzeit so, dafs der natürliche periodische Gang der Temperatur und der Lichtintensität die möglichst günstigen Verhältnisse für die Versuchspflanzen verspricht.“

Am sichersten wird man im allgemeinen dieses Ziel erreichen, wenn man sich mit der Ansaat seiner Versuchskulturen genau an die für die betreffenden Pflanzenarten örtlich gehandhabte landwirtschaftliche Praxis anschliesst.

Noch eine Frage, über welche sich der Experimentierende bei der Anstellung eines Vegetationsversuchs sofort klar werden mufs, ist die, wie viel Pflanzen er pro Kulturgefäß anbauen will.

Das Pflanzenindividuum hat in der Gröfsenentwicklung seines Körpers einen viel weiteren Spielraum, als das Tierindividuum. Man hat es ganz in seiner Gewalt, in ein und demselben Gefäße und unter übrigens gleichen Verhältnissen z. B. Gerstpflanzen zu einem Trockengewichte von je 20 g, oder von je 1 g zu erziehen, je nachdem man mehr oder weniger dick säet, je nachdem man also jeder einzelnen Pflanze ein gröfseres Bodenvolumen und damit zugleich eine gröfsere Menge von Nährstoffen zuerteilt. Hält man sich dabei innerhalb vernünftiger Grenzen, so kann die Entwicklung der Pflanzen in beiden Fällen eine durchaus normale bleiben (vergl. Kap. 5 d. 2. Abschnittes).

Die Frage: wie viel Pflanzen pro Kulturgefäß soll man bei der Aussaat in Aussicht nehmen, ist also identisch mit der Frage: soll man sich bei Kulturversuchen bestreben, wenige, möglichst üppige, reich bestockte und verzweigte Exemplare heranzubilden, oder soll man es vorziehen, mit einer gröfseren Anzahl kleinerer und einfacher gebauten Individuen zu arbeiten.

Das Erstere hat etwas Bestechendes, aber es birgt auch seine Nachteile in sich. Stehen pro Kulturgefäß nur ein oder zwei Indivi-

lun einer kleineren Pflanzengattung, z. B. einer Getreideart, so kann es unter Umständen zweifelhaft bleiben, ob die Ausnutzung des Bodenraumes und der Nährstoffe so vollkommen erfolgt, wie es wünschenswert ist; ferner wird es nicht ausbleiben, wenn eine Pflanze sich überreich bestockt und verzweigt, oder überhaupt sehr üppig wächst, daß einzelne Halme oder Zweige noch treiben, während andere schon gänzlich abgestorben sind, oder daß die ganze Pflanze nicht normal ausreift; und endlich ist nicht zu leugnen, daß etwaige individuelle Verschiedenheiten bei wenigen Pflanzen viel stärker auf das Versuchsergebnis drücken, als bei vielen.

Das Letztere garantiert dem gegenüber eine vollständige Ausnutzung des Bodens und einen gleichmäßigen, glatten Abschluß der Vegetation; aber es liegt immer die Gefahr nahe, daß einzelne Pflanzen, von den Nachbarn ungebührlich bedrängt, in ihrer Entwicklung geschädigt werden und nur in unvollkommener Weise oder auch wohl gar nicht zur Samenbildung gelangen. Auch dies kann nicht ganz ohne Nachteil für das Versuchsergebnis bleiben.

Wir empfehlen daher weder nach Riesenpflanzen zu streben, noch andererseits in der Dichte der Aussaat zu weit zu gehen und raten:

„Man wähle bei Ernährungsversuchen die Zahl der Pflanzen, die man pro Kulturgefäß zur Entwicklung kommen läßt, so, daß eine jede derselben eine mittlere Größe erreichen kann.“

Dieser Grundsatz läßt dem persönlichen Belieben immer noch einen ziemlich großen Spielraum übrig, aber man darf sich hier auch eine Willkür innerhalb vernünftiger Grenzen gestatten, ohne das Resultat zu gefährden. Nur beispielsweise führen wir an, daß man nach unseren Erfahrungen bei den Getreidearten erwünschte Erfolge haben wird, wenn man pro Kilogramm Sand zwei Pflanzenindividuen rechnet.

Wenn wir endlich als letzte Regel noch ausdrücklich hinzufügen:

„Man säe immer eine Anzahl Samen mehr pro Kulturgefäß, als man Pflanzen darin zur Entwicklung kommen lassen will,“

so thun wir dies nur, weil man eventuell meinen könnte, diese Vorsicht werde durch sorgfältige Beobachtung der vorher angeführten Regeln überflüssig.

Das ist aber entschieden nicht der Fall, denn wenn man auch nur best ausgewählte und angekeimte Samen in regelmässiger Verteilung und lockerer, bequemer Lage in den Boden bringt, so wird es doch nicht fehlen, daß dieses oder jenes Korn sich träge im Keimprozeß erweist, daß ein oder der andere zarte Blattkeim sich beim Durchbohren der Bodendecke schädigt, oder daß derselbe durch zufällige Hindernisse, die er im Boden findet, in seinem Wachstum von der vertikalen Linie abgelenkt wird und an einer ganz andern, als der beabsichtigten Stelle der Bodenoberfläche zum Vorschein kommt.

Es bleibt deshalb immer erwünscht, wenn man in jedem Kulturgefäße gleich anfangs eine Anzahl von Reservekeimen zur Verfügung hat, die es erlauben, diejenigen Keimpflänzchen, welche aus irgend einem Grunde nicht ganz befriedigen, nachträglich zu entfernen, und damit noch einmal nach dem Aufgehen der Saat behufs vollständiger Ausgleichung des Bestandes die bessernde Hand überall da anzulegen, wo es not thut.

Beiläufig sei erwähnt, daß man hierbei besser thun wird, wenn man die unbefriedigenden oder überflüssigen Pflanzen, die man entfernen will, mittels einer Schere ein Stück unter der Bodenoberfläche abschneidet, als wenn man sie auszieht, weil in letzterem Falle die Verletzung oder mindestens die Lockerung einzelner stehenbleibender Exemplare nicht immer zu vermeiden sein wird.

Freilich involviert dieses Verfahren einen Versuchsfehler, indem man in dem weggeschnittenen oberirdischen Teile der Keimpflanzen niemals genau dieselben Stoffe aus dem Boden entfernen wird, die man vorher mit den dazu gehörigen Reservesamen in denselben hinein gebracht hat. Aber dieser Fehler ist in den Fällen, wo es darauf ankommt, durch die Analyse der Samen einerseits und der weggenommenen Pflanzenteile andererseits genau zu bestimmen; meistens wird er so gering sein, daß man ihn unbedenklich vernachlässigen darf.

Die Rücksicht auf diesen Fehler wird auch die Zahl der Reservesamen bestimmen, die man auszulegen sich gestattet. Bei großen Samen wird man sich damit nach Möglichkeit einschränken; bei mittelgroßen kann es als zweckmässig gelten, wenn man doppelt soviel Samen benutzt, als man Pflanzen zur vollen Entwicklung gelangen lassen will; bei ganz kleinen Sämereien, wie z. B. beim Klee, wird

man ohne Gefahr die fünf- bis zehnfache Menge von Reservesamen aussäen dürfen und wird dies um so lieber thun, weil bei diesen eine sorgfältige Auswahl nach ihrem spezifischen und absoluten Gewichte entweder nur in sehr beschränktem Maße oder gar nicht ausführbar ist.

Wenn man die vorgenannten Vorsichtsmaßregeln alle gewissenhaft beachtet, so wird man mit ziemlicher Sicherheit darauf rechnen dürfen, daß sämtliche Einzelversuche selbst sehr umfangreicher Versuchsreihen mit der gleichen Anzahl kräftiger, normaler und möglichst gleich entwickelter Keimpflanzen, die auf dem ihnen bestimmten Bodenraume zweckmäßig verteilt sind, in die eigentliche Vegetation eintreten und damit kann das Experiment schon als halb gelungen betrachtet werden.

Nur ganz ausnahmsweise und zwar wenn während und kurz nach der Saat eine sehr niedrige Lufttemperatur herrscht und die Entwicklung des Keimes ungebührlich verlangsamt, werden sich dann die individuellen Verschiedenheiten in der Keimungsenergie der einzelnen Samen noch soweit geltend machen, daß die Folgen davon in einem ungleichen Pflanzenbestande unangenehm empfunden werden. Um auch in diesem Falle eventuelle Unzuträglichkeiten zu vermeiden, fügen wir noch den Rat an:

„Wenn niedrige Temperatur bei der Saat einen unerwünscht trägen Verlauf des Keimprozesses befürchten lässt, so lasse man die Kulturgefäße so lange in einem geschützten, oder mäßig erwärmten Raume, bis die Keimpflanzen die Bodenoberfläche durchbrochen und die Blattbildung begonnen haben.“

Man erachte keinen der angeführten Punkte für zu gering. Jede Nachlässigkeit in der Anzucht der Keimpflanzen vermag sich bitter zu rächen. Eine Versuchsreihe mit einem auffallend ungleichen Pflanzenbestande ausführen, würde ungefähr daselbe heißen, wie eine Reihe von Mafsanalysen mit einer Maßflüssigkeit von unsicherem Gehalte machen. Wo soll in diesem Falle das notwendige Vertrauen zur eigenen Arbeit herkommen. Besser wird es sein, wenn es einmal nicht gelang, eine erwünschte Entwicklung der Keimpflanzen zu er-

zielen, die Versuche sofort anzugeben und seine Mühe und Zeit einem lohnenderen Gegenstande zuzuwenden.

Hat man sich einen guten Bestand von Keimpflanzen verschafft, so ist weiter für eine zweckmäßige

Aufstellung der Kulturgefäße

während der Vegetation der Versuchspflanzen zu sorgen.

„Möglichst günstige Verhältnisse in Bezug auf Licht, Wärme und Luft, soweit es erreichbar ist gleiches Licht, gleiche Wärme, gleiche Luft zu jeder Zeit für jede einzelne Versuchsnummer“

ist hier die Parole.

Ein jeder dieser Faktoren wirkt auf gewisse physiologische Verrichtungen der Versuchspflanzen in entscheidender Weise ein. Jede Differenz in der Wirkung derselben, welche eine einzelne Nummer in einer komparativen Versuchsreihe auch nur für kürzere Zeit in irgend einer Wachstumsperiode trifft, muß zur Folge haben, daß diese Nummer mit anderen Vorbedingungen in die nächste Lebensperiode eintritt, als ihre Nachbarn. Jeder gröbere Fehler in dieser Richtung muß die Richtigkeit der Versuchsergebnisse in merklichem Grade schädigen.

Niemand wird daran denken, die hier geforderten Verhältnisse in einem gewöhnlichen Zimmer herstellen zu können, aber man wird auch mit Recht zweifeln dürfen, ob sich dieselben in einem Gewächshause, etwa einem solchen, wie es die Gärtner für ihre Zwecke gebrauchen, nach allen Seiten befriedigend schaffen lassen. Selbst in einem nur aus Glas und Eisen konstruierten Hause wird eine Abschwächung der Lichtintensität einerseits und eine zeitweise unerwünschte Steigerung der Lufttemperatur andererseits nicht gänzlich zu vermeiden sein; besonders aber wird die erforderliche Gleichheit der Lichtwirkung und der Luftbeschaffenheit an jedem Punkte des Raumes zu wünschen übrig lassen. Schattenwerfende Gegenstände sind nicht absolut zu entbehren, die verschiedenen Glasflächen der Wände und des Daches lassen je nach ihrem wechselnden Stande zur

Sonne sehr ungleiche Mengen von Licht und Wärme durch sich hindurch, und die Ventilation eines großen Raumes in der Vollkommenheit zu erzielen, wie man sie hier zu verlangen hat, kann, wenn man nicht zu ganz komplizierten Vorrichtungen greifen will, heute noch als eine ungelöste Aufgabe gelten.

Ganz leicht aber sind die aufgestellten Forderungen im Freien zu erfüllen, ja sie bieten sich hier ganz von selbst. Freilich wird man seine Versuchspflanzen nicht sorglos jeder Unbill der Witterung aussetzen dürfen; man kann dieselben nicht beliebig beregnen lassen, ohne in kurzem die Herrschaft über die Bodenfeuchtigkeit zu verlieren; man wird sich nicht der Gefahr aussetzen, seine Saaten durch einen unerwarteten Nachtfrost zerstört zu sehen; und man wird dieselben gegen heftige Stürme, Schlossen u. dergl. zu schützen suchen; aber warum soll man nicht das Gute, welches so nahe liegt, gern ergreifen, so weit es irgend zugänglich ist?

„Man stelle die Versuchspflanzen an einem geeigneten Platze im Freien auf so oft und so lange das Wetter dies irgend erlaubt und benutze für dieselben ein gut konstruiertes Glashaus lediglich als Schutzhaus bei ungünstiger Witterung.“

Wir glauben nicht, daß auf andere Weise ein gleich guter und normaler Verlauf der Vegetation bei Versuchskulturen in kleinen Gefäßen zu erreichen ist.

Als geeigneten Platz für die Aufstellung wird man jede Stelle betrachten können, welche den Sonnenstrahlen zu allen Tageszeiten freien Zutritt erlaubt, dabei aber doch vor dem Winde einigermaßen geschützt liegt und nach Möglichkeit staub- und rauchfrei ist.

Große schattenwerfende Gegenstände wie Häuser, Bäume u. dergl. dürfen auf der Ost-, Süd- und Westseite nicht so nahe liegen, daß der Schatten derselben den Versuchsplatz trifft, dagegen sind sie in einer größeren Entfernung als Schutz vor den Winden offenbar erwünscht. Streng zu meiden ist die Nähe von Bahnhöfen, rauch-erzeugenden Fabrikanlagen, staubigen Landstraßen u. dergl.

Innerhalb größerer Gartenanlagen wird es in der Regel nicht schwer halten, einen Platz zu finden, oder ihn sich herzustellen, der allen Anforderungen entspricht.

Diese Stelle nebst dem nächsten Umkreise bis auf einige Meter hinaus befährt man am besten dick mit einem gut gesiebten groben Kiese und hält ihn in der Folge sorgsam rein von jedem Unkraute. Wenn wir gelegentlich mit raten, auch der weiteren Umgebung gelegentlich einige Beachtung zu schenken, so veranlaßt uns folgende eigene Erfahrung dazu.

Unsere im Freien stehenden Kulturgewächse hatten im allgemeinen sehr wenig von Rost zu leiden und wenn dann und wann einmal auf den Getreidepflanzen ein Pucciniapolster erschien, so wurde dies bei der unausgesetzten Beobachtung, welcher die Pflanzen unterlagen, immer bald entdeckt und durch zeitige Vernichtung derselben die Weiterverbreitung des Pilzes verhindert. Nur einmal wollte es uns eine Zeitlang nicht gelingen, des Schmarotzers Herr zu werden, bis wir entdeckten, dafs in der Buchsbaumeinfassung einer nicht weit entfernt liegenden Gartenrabatte sich eine Menge Queckenpflanzen angesiedelt hatten, die über und über mit der *Puccinia graminis* bedeckt waren. Sofort wurden natürlich die Quecken sorgfältigst ausgerottet und binnen kurzem war es gelungen, auch die Versuchspflanzen von den Pilzen zu befreien.

Um die Kulturen vor Regen, Sturm und sonstigem Unwetter jederzeit behüten zu können, wird an der Nordseite dieses Platzes ein Schutzhaus angebaut.

Wir wagen nicht für die Anlage eines solchen Hauses spezielle Vorschriften zu geben. Natürlich kann die Konstruktion desselben in verschiedenen Fällen eine sehr wechselnde und doch immer ganz zweckmäßige sein. Im allgemeinen wird es aber als empfehlenswert gelten, das Haus mit Ausnahme der Grundmauern nur aus Eisen und weißem Glase herzustellen. Die Eisenteile sind so leicht zu nehmen, als es die Sicherheit des Baues überhaupt erlaubt und Schatten werfende Gegenstände sind dabei soweit als thunlich zu vermeiden. Besonders wird es gut sein, bei der Anlage an der Größe nicht zu sparen; je höher und weiter der innere Raum ist, desto behaglicher werden sich allezeit die darin untergebrachten Pflanzen fühlen. Komplizierte Vorrichtungen zur Ventilation des Hauses werden dann um so weniger notwendig erscheinen, als die Benutzung desselben fast immer nur unter solchen Witterungsverhältnissen stattfindet, bei welchen die Assimilationsthätigkeit der Pflanzen ohnehin eine

wenig energische ist. Eine entsprechende Anzahl gut verteilter und nicht zu kleiner verstellbarer Klappen in dem oberen Teile beider Dachflächen einerseits, und dem unteren Teile beider Seitenwände andererseits werden in Verbindung mit den vorhandenen Thüren und Thoren dem Bedürfnisse genügen. Vor allem ist mit größter Vorsicht darauf zu halten, daß der Bau an jeder Stelle regendicht ist.

In unmittelbarem Zusammenhange mit dem Glasschutzhause muß ein massiv gebauter Arbeitsraum stehen, welcher dazu bestimmt ist, die nötigen Wagen, die Standgefäße für das zum Begießen erforderliche Wasser, einen Schreibtisch, sowie einen oder einige Arbeitstische aufzunehmen, und welcher groß genug ist, um für die täglich vorzunehmenden Arbeiten bequemen Platz zu bieten.

Mit diesen Einrichtungen wären die notwendigsten Bedingungen zu einer zweckmäßigen Aufstellung der Versuchspflanzen im allgemeinen wohl erfüllt und man kann dieselben in meteorologisch normalen Jahren als genügend erachten. Die von uns im Jahre 1865 gemachten Erfahrungen aber lehren, daß es zeitweise erwünscht werden kann, die Pflanzen noch vor einer zu starken Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen zu schützen und es mag deshalb die Hinzufügung einer besonderen Schattenhalle nicht für überflüssig erscheinen. Wir denken uns eine solche einfach als einen auf Säulen gestellten Schuppen mit genügend weit übergreifendem Pappdache, dessen Seitenwände ganz offen gelassen, oder nur mit einem Drahtgitter überzogen werden. Diese Halle würde für die Pflanzen nur bei länger andauernden abnormen Hitzeperioden, und auch da nur in den heißesten Mittagsstunden, also voraussichtlich in manchen Jahren gar nicht zur Verwendung kommen, aber dann erscheint uns dieselbe ihren Zweck auch viel besser zu erfüllen, als irgend welche Anbringung von Planen oder Jalousieen, sei es im Freien oder im Glashause. Rechnen wir hinzu, daß bei einem wirklich starken Hagelschlage das Glashaus selbst gefährdet ist und dann die Halle mit ihrem starken Dache eine ganze Jahresarbeit retten kann, sowie, daß dieselbe, wenn sie nicht mit Pflanzen besetzt ist, für manche andere Zwecke ganz erwünschte Verwendung finden wird, so erscheint uns die Hinzufügung einer solchen zur Vervollständigung der ganzen Anlage als im höchsten Grade empfehlenswert.

Die beschriebene Einrichtung setzt natürlich voraus, daß man die Möglichkeit hat, die Kulturgefäße mit den Versuchspflanzen jederzeit leicht, bequem und schnell von einem Orte zum anderen transportieren zu können.

Man wird diese Anforderung am besten erreichen, wenn man die ganze Anlage so ordnet, daß der Platz für die Vegetation der Gewächse im Freien an das Südende gelegt wird und daß sich dann unmittelbar an diesen in einer geraden Linie nach Norden anschließen erst das Glashaus, dann der Arbeitsraum, dann die Schattenhalle; wenn man dann durch die ganze Anlage hindurch ein, oder nach Bedarf mehrere Geleise von Eisenschienen legt, auf diese Transportwagen nach Art der Eisenbahnlocomotiven stellt und endlich auf letztere die Kulturgefäße dauernd placiert.

Das Gestell dieser Wagen muß solid genug konstruiert sein, um die ihnen aufgebürdete nicht unbedeutende Last der gefüllten Kulturgefäße tragen zu können ohne sich irgend wo zu biegen oder zu verziehen.

Die Bordwand derselben wird, um nicht den Zutritt des Lichtes zu hindern, nur um ein Geringes höher gemacht, als die Höhe der darauf zu placierenden Kulturgefäße beträgt.

Die Kulturgefäße stellt man auf den Wagen so auf, daß man zu jedem einzelnen derselben allezeit freien Zutritt hat, daß man jedes einzelne ungehindert beobachten und leicht herausnehmen kann; d. h. man placiert dieselben in Abteilungen von zwei, drei, höchstens vier hintereinander stehenden Reihen, je nach ihrer Größe und Handlichkeit, und läßt zwischen jeder Abteilung einen Gang frei, der breit genug ist, um in demselben sich ungehindert bewegen und bequem hantieren zu können.

Zwischen jeder der Gefäßreihen bringt man ein Schutzbrett an, das die Aufgabe hat, den Boden von der Südseite aus zu beschatten, die Gefäße vor dem Zusammenstoßen zu behüten und ihnen überhaupt einen gesicherteren Stand zu verschaffen. Diese Schutzbretter, denen man genau die Höhe der Kulturgefäße giebt, werden zweckmäßig nicht festgemacht, sondern in Pfalze gesetzt, die man sich durch je zwei an der Innenseite der Wagenbordwand aufgenagelte Leisten herstellt, und die ein beliebiges Herausnehmen und Einschieben der Bretter gestatten.

Wir halten es für gut, wenn man den Boden des Wagens nur in den Gängen mit Bohlen dicht dielt, an den Stellen aber, an welchen die Kulturgefäße stehen, die Dielung durch ein starkes Lattengitter ersetzt, wir glauben wenigstens von dem Luftzuge, der durch dieses Lattengitter fortwährend von unten nach oben streicht, einen vorteilhaften Einfluss auf die Bodentemperatur in unseren Gefäßen und auf die Vegetation unserer Pflanzen überhaupt bemerkt zu haben.

Um die Bewegung der Pflanzen recht sanft zu machen, wird es immer wünschenswert sein, den Wagen auf gute Federn zu stellen, obgleich wir bekennen müssen, daß, falls nur die Schienen solid und akkurat gelegt sind, die wenigen Stöße und Erschütterungen, welche die Pflanzen beim Fahren erleiden, auch bei einem federlosen Wagen, ganz unbedeutend bleiben und daß wir (unser Dahmenser Wagen hatte keine Federn) nie irgend welchen Nachteil von denselben bemerken konnten.

Über die zweckmäßigste Größe dieser Wagen ist nicht wohl etwas Bestimmtes zu sagen; man wird dieselbe immer nach den gerade vorliegenden Verhältnissen richten müssen; nur der Grundsatz ist festzuhalten, daß man die Wagen nie schwerer machen darf, als daß sie sich noch mit einer mäßigen Geschwindigkeit, sei es durch die Hand oder durch eine gut konstruierte Windevorrichtung sicher und leicht bewegen lassen.

Auch die Frage, ob es zweckmäßiger sei, statt die Bahn auf ebenem Boden hinlaufen zu lassen, dieselbe in einen Graben zu legen, und den Wagen dadurch soweit zu versenken, daß die Oberfläche der darauf stehenden Kulturgefäße in gleiche Höhe mit der umgebenden Bodenoberfläche zu liegen kommt, möchten wir unsererseits nicht bestimmt beantworten. Jedes hat seine Vorteile und seine Nachteile. Bei versenkter Bahn ist das Besteigen der Wagen bequemer und die Wagenwände sind dem direkten Sonnenbrande etwas weniger ausgesetzt; bei hochliegender Bahn stehen die Pflanzen luftiger und werden in geringerem Grade durch das Auftreiben von Staub, Sand oder anderen unliebsamen Körpern belästigt.

Ernstlichere Bedenken verursacht die Anordnung der einzelnen Kulturgefäße auf dem Wagen. Es ist nicht zu leugnen, daß es auch im Freien für eine größere Anzahl von Gefäßen keine Art der Aufstellung giebt, welche es ermöglichte, jeder einzelnen Nummer die absolut gleiche Summe direkten Sonnenlichtes zuzuführen, es sei

denn, man placiere dieselben einzeln und in solchen Abständen von einander, daß der Schatten der einen bei keiner denkbaren Sonnenstellung die andere treffen kann. Eine so weitläufige Aufstellung werden aber die Umstände nur in seltenen Fällen erlauben, abgesehen davon, daß eine Menge anderer Unzulänglichkeiten dieselbe gar nicht wünschenswert machen. Nimmt man beispielsweise die von uns oben vorgeschlagene Anordnung an, und stellt die Gefäße in Abteilungen auf, die aus zwei, drei, resp. vier Reihen bestehen und, sagen wir, von Ost nach West gerichtet sind, so werden die rückwärts gelegenen Reihen zwei bis vier von den vorstehenden bei Sonnenschein immer zeitweise und zwar unter sich gleichmäßig beschattet sein, während die erste frei nach Süden gelegene Reihe ohne Unterbrechung die direkten Sonnenstrahlen erhält. Diese Ungleichheit ist, wie uns die Erfahrung lehrte, bedeutend genug, um sich im Verlaufe der Vegetation und im Ertrage empfindlich bemerkbar zu machen und der daraus resultierende Mißstand kann nicht unbeachtet gelassen werden, aber es giebt zwei Wege, ihn unschädlich zu machen. Entweder, man bestellt die vorderste Reihe mit solchen Versuchen, die man von vornherein mit den anderen außer Vergleich setzt, die wenigstens nicht notwendig mit den übrigen komparativ zu sein brauchen. (An derartigen Vorversuchen, die man den definitiven gleichsam als Fühler vorausschickt, von denen man noch keine scharfen quantitativen Resultate, sondern nur ein allgemeines Ja oder Nein erwartet, wird man nicht leicht Mangel haben, sei es daß man wissen möchte, ob eine Nährstoffmischung sich für eine Pflanze überhaupt günstig erweist, oder nicht, sei es daß man zu erfahren wünscht, ob ein Salz, welches man zum Ersatze eines anderen verwerten möchte, der Vegetation schädlich ist oder nicht u. dergl. m.). Oder, man wechselt täglich den Stand der Gefäße, so daß diejenigen, welche gestern in der ersten Reihe nach Süden standen, heute die Reihe zwei, morgen die Reihe drei, übermorgen die Reihe vier bilden u. s. f.

Mit Hülfe dieser Einrichtungen gelingt es, so weit unsere Erfahrungen reichen, besser als mit anderen, den zu komparativen Reihen zusammengestellten Einzelversuchen allezeit möglichst gleiche Vegetationsbedingungen zu bieten und die Versuchspflanzen zu einer in jeder Beziehung so normalen wie befriedigenden Entwicklung zu bringen.

Über die

Behandlung der Pflanzen während der Vegetation

bleibt nur Weniges zu sagen übrig.

Zunächst wird man immer im Auge behalten müssen, daß der Ort, wo das Wachstum sich vollziehen soll, der Vegetationsplatz im Freien ist und daß die übrigen Einrichtungen nur Zufluchtsplätze für Ausnahmefälle bilden. Man läßt die Pflanzen im Freien so oft und so lange es die Witterung nur irgend erlaubt und zwar Tag und Nacht. Bei länger andauerndem nassem Wetter benutzt man jede trockene Stunde, um den Pflanzen die Wohlthat der freien Luft zu gönnen. Wenn man längere Zeit an einem Orte lebt, so kann man auf Grund regelmässiger Beobachtung der meteorologischen Instrumente schon mit einiger Sicherheit vorhersehen, ob dem Wetter einer anbrechenden Sommernacht zu trauen ist, und läßt man es daneben an der natürlich immer nötigen Wachsamkeit nicht fehlen, so kann es nicht wohl vorkommen, daß man einmal durch ein Gewitter, oder einen ganz unerwarteten Wetterumschlag unangenehm überrascht wird. Als selbstverständliche Voraussetzung betrachten wir es hierbei, daß die Vegetationsräume mit der Wohnung der Versuchsansteller entweder direkt verbunden sind, oder derselben mindestens ganz nahe liegen.

Sodann begnüge man sich nicht damit, seine Versuchspflanzen nur periodisch und gelegentlich, etwa in Zwischenräumen von zwei, drei Tagen zu inspizieren. Welcher Chemiker wird eine Destillation oder eine Stickstoffanalyse, auch wenn die Verbrennung in gutem Gange ist, zeitweise unbeaufsichtigt ihrem Schicksale überlassen? Nun, jeder Kulturversuch ist ein synthetisches Experiment, das nicht mindere Aufmerksamkeit verdient. Man halte seine Pflanzen ununterbrochen unter Aufsicht und notiere stets sofort jede Änderung, die sich bemerkbar macht, jede auch geringfügige Erscheinung, die auffällt; oft wird eine anfangs unwichtig erscheinende Notiz im Verlaufe der Vegetation recht wertvoll. Wir halten es deshalb auch für gut, wenn man immer eine so große

Anzahl von Kulturgefäßen gleichzeitig aufstellt, daß mindestens ein Experimentator mit der Pflege, dem Beobachten und dem Begießen derselben volle Beschäftigung hat. Ist jemand allezeit und den ganzen Tag über bei den Pflanzen thätig, so wird beiläufig der richtige Moment zum Überführen der Pflanzen in die Schutzräume nie versäumt, Raupen und anderes Ungeziefer werden immer so frühzeitig entfernt werden, daß sie empfindlichen Schaden nicht zu thun vermögen, und besondere Schutzvorrichtungen gegen lüsterne Sperlinge und dergl. werden sich entbehrlich erweisen. In der That hatten wir in Dahme nur einige Male über Verluste durch Vogelfraß zu klagen und zwar nur dann, wenn unser Transportwagen gegen Ende der Vegetationszeit nur noch mit wenigen später reifenden Versuchspflanzen besetzt waren, welche die dauernde Anwesenheit eines Beobachters nicht mehr notwendig machten.

Eine besondere Aufmerksamkeit ist dem regelmäßigen und richtigen Begießen der Versuchspflanzen zu widmen.

Eine Pflanze erreicht nur dann das durch die Menge der vorhandenen Nährstoffe gestattete Maximum der Produktion, wenn es ihr jederzeit möglich ist, das durch die Verdunstung verlorene Wasser leicht und rasch aus dem Boden wieder zu ersetzen, und bedeutendere Ungleichheiten in der Höhe der Bodenfeuchtigkeit haben bei zwei Versuchen, die unter sonst vollkommen gleichen Bedingungen stehen, allemal eine merkliche Verschiedenheit im Zuwachs zur Folge. Die Erhaltung einer allezeit genügenden und immer annähernd gleichen Wassermenge im Boden ist also unerläßliche Bedingung für das Gelingen komparativer Kulturversuche.

Es bedarf geringen Nachdenkens, um sich zu überzeugen, daß der Forderung, welche in diesen Sätzen enthalten ist, nicht genügt wird, wenn man nach Gefühl und Gutdünken begießt, d. h. wenn man etwa den einzelnen Gefäßen so oft einen tüchtigen Wasserguß giebt, als der Boden derselben trocken erscheint.

Ebensowenig wird man aus nahe liegenden Gründen hoffen dürfen, etwa dadurch in einer größeren Versuchsreihe eine annähernd gleiche Bodenfeuchtigkeit auf längere Zeit zu erhalten, daß man jedem Kulturgefäße in bestimmten Zwischenräumen die gleiche Anzahl Kubikcentimeter Wasser zuführt.

Offenbar gibt es nur einen einzigen Weg, der obigen Forderung zu genügen und zwar den, daß man den Wassergehalt der Versuchsböden fortwährend mit der Wage kontrolliert und denselben immer auf der Wage zu der beabsichtigten Höhe ergänzt. Kennt man das Gewicht des Kulturgefäßes und das des darin enthaltenen trockenen Bodens, so läßt sich aus dem Gesamtgewichte der Versuchsnummer die jeweilige Bodenfeuchtigkeit derselben in jedem Augenblicke zwar nicht absolut richtig, aber für den vorliegenden Zweck hinreichend genau ermitteln. Nicht absolut richtig, denn zu dem anfänglich bekannten Gesamtgewichte der Versuchsnummer tritt im Verlaufe der Vegetation noch das Lebendgewicht der darin sich entwickelnden Pflanzen hinzu, welches täglich sich verändert und nicht direkt zu bestimmen ist; aber für den vorliegenden Zweck hinreichend genau, denn wenn man sich mit Kulturversuchen einige Zeit beschäftigt hat, so lernt man bald das Lebendgewicht einer Pflanze mindestens soweit sicher schätzen, daß die Differenzen in der Bodenfeuchtigkeit einer Versuchsreihe, welche infolge des bei dieser Schätzung begangenen Fehlers etwa auftreten können, niemals die geringste Bedeutung für das Pflanzenwachstum gewinnen können.

Die sehr wichtige Frage, auf welcher Höhe die Bodenfeuchtigkeit bei der Sandkultur am zweckmäfsigsten zu erhalten sei, wird sich möglicherweise für verschiedene Pflanzengattungen verschieden lösen. Bei den Arten der landwirtschaftlichen Kulturgewächse, mit denen wir arbeiteten, ergaben die oben ausführlich mitgeteilten Beobachtungen, daß man am besten that, wenn man die Feuchtigkeit des Sandes durch tägliche Erneuerung des verdunsteten Wassers immer in der Nähe von 60 Proz. der wasserfassenden Kraft deselben hielt, oder wenn man dieselbe während der ganzen Vegetationszeit von 70 bis 40 Proz. seiner wasserfassenden Kraft hin und her gehen liefs. Wir haben keinen Grund, dem einen Verfahren vor dem anderen den Vorzug zu geben und wollen nur beiläufig bemerken, daß bei Einhaltung des letzteren zur Zeit der lebhaftesten Vegetation und hoher Sommerwärme eine neue Wasserzufuhr nicht selten schon nach 48 Stunden nötig wurde.

(Daß bei der Berechnung der hierzu erforderlichen Wassermengen aus den in Kap. 10 des IV. Abschnittes erörterten Gründen immer

nicht nur das Gewicht des Sandes, sondern auch die Höhe des in Benutzung genommenen Bodenkonus in gebührende Berücksichtigung zu ziehen ist, mag bei dieser Gelegenheit noch besonders in Erinnerung gebracht werden.)

Bezüglich des praktischen Verfahrens beim Begießen gestatten wir uns den unmaßgeblichen Rat: man staple stets einen genügenden Vorrat von destilliertem Wasser in dem mit dem Glashause verbundenen Arbeitsraume auf; man hat damit den Vorteil, immer mit einem Wasser begießen zu können, dessen Temperatur der jedesmaligen Luftwärme ziemlich gleich und von der Bodenwärme in den Versuchsgefäßen nicht allzu verschieden ist. In das zum augenblicklichen Gebrauch bestimmte Wassergefäß bringe man einen weiten Glasheber, an dessen Ausflußöffnung man ein Stück Kautschukschlauch mit Quetschhahn anfügt, und stelle daselbe unmittelbar neben der Wage so hoch auf, daß das Ende des Kautschukschlauches bis nahe zur Bodenoberfläche der auf die Wage gestellten Kulturgefäße reicht. Mittels dieser Einrichtung läßt sich, da man mit dem Kautschukschlauche die Richtung und mit dem Quetschhahn die Stärke des auffallenden Flüssigkeitsstrahles leicht regulieren kann, der Wasserersatz rasch, genau und bequem bewirken, ohne daß man dabei ein schädliches Aufwaschen und Verspülen des Bodens, oder eine unangenehme Belästigung der Pflanzen zu besorgen hat.

Man könnte vielleicht noch fragen, ob es nicht vorteilhaft sei, die Versuchspflanzen von Zeit zu Zeit von oben herab zu besprengen, gleichsam zu beregnen, oder dieselben geradezu abzuwaschen, wie man dies mit den im Zimmer gezogenen Ziergewächsen zu thun pflegt. Wir haben uns dieselbe Frage vorgelegt und das Besprengen der Pflanzen auch in der ersten Zeit unserer Experimente, Ende der fünfziger und Anfang der sechziger Jahre geübt, glauben aber auf Grund der hierbei gemachten Erfahrungen die Notwendigkeit, ja selbst die Zweckmäßigkeit dieser Operation verneinen zu können. Die größtenteils im Freien vegetierenden Versuchspflanzen befinden sich eben unter ganz anderen Bedingungen, als die nur im Zimmer lebenden Ziergewächse. Die fortwährende, oft heftige Bewegung, in welche der Wind oder der immer mehr oder minder vorhandene Luftzug die Blätter und Zweige derselben versetzt, erlaubt dem Staube

gar nicht sich auf den letzteren in gröfserer Menge abzulagern, oder entfernt denselben ebenso schnell wieder, als er herbeigeführt wird. Ein anderer Grund für das künstliche Beregnen der Pflanzen aber, als die Reinerhaltung derselben liegt unserer Meinung nach überhaupt nicht vor, und wir nehmen deshalb nicht Anstand, daselbe im allgemeinen als unnötig, ja eher als störend zu bezeichnen, wollen aber dabei ausdrücklich hinzufügen, dafs wir nicht Gelegenheit hatten, auch eigene Erfahrungen an solchen Pflanzen zu machen, die grofse und wenig bewegliche Blätter tragen, wie z. B. die Rüben u. dergl.

Endlich wird es nicht überflüssig sein, die Aufmerksamkeit noch auf einen Punkt hinzulenken, der allerdings nur unter selteneren Verhältnissen für das Versuchsergebnis Bedeutung gewinnt, aber doch nicht ganz zu vernachlässigen ist, wir meinen die Befruchtung.

Bekanntlich kommt es auch bei Gewächsen, die sonst ganz gesund erscheinen, bisweilen vor, dafs die männlichen Blütheile nicht genau zu gleicher Zeit mit den weiblichen den höchsten Grad ihrer Entwicklung erreichen. In diesem Falle bleibt die Befruchtung natürlich aus und die Pflanze setzt keinen Samen an. Passiert dies bei monöcischen Gewächsen und besonders bei solchen, deren Blütenstände eine bedeutende Gröfse haben, wie z. B. beim Mais, so bleibt dies nicht wohl unbeachtet; kommt es aber bei monoklinischen Blüten und besonders bei solchen von kleinem Formate vor, so entgeht es der oberflächlichen Beobachtung sehr leicht.

Andrerseits ist festgestellt, dafs eine grofse Anzahl von Gewächsen, welche echte Zwitterblüthen tragen, selbst wenn sich ihre sämtlichen Blütheile konform entwickeln, unfähig sind, sich erfolgreich selbst zu befruchten, oder dafs bei ihnen die Befruchtung durch Bestäubung mit fremden Pollen wenigstens sicherer und besser erfolgt.

Da die Vermittler der Fremdbestäubung hauptsächlich der Wind und die Insekten sind, so befinden sich natürlich alle derartigen Pflanzen, sobald sie in geschlossenen Räumen gezogen werden, unter äufserst ungünstigen Umständen, während sich die Verhältnisse wesentlich besser stellen, wenn man seine Versuchsgewächse so oft und so lange wie möglich im Freien hält und sie nur bei ungünstigem Wetter unter Schutz bringt. Wir sehen hierin neben den verbesserten Licht- und Wärmeverhältnissen einen beachtenswerten Vorzug

dieser letzteren Methode und können aus eigener Erfahrung hinzufügen, daß wir nach Einrichtung unserer Transportvorrichtung über mangelhaften Fruchtansatz bei Getreide nie, bei Leguminosen und anderen Pflanzenarten nur in ganz seltenen Fällen zu klagen hatten.

Bei alledem aber wird man nicht leugnen können, daß bei den Pflanzen, welche auf dem Vegetationsplatze einer Versuchsstation aufgestellt sind, da sie sich doch immer mehr oder weniger isoliert, mehr oder weniger weit von großen Feldflächen, die mit gleichartigen Gewächsen bestanden die Insekten besonders anlocken, entfernt befinden, die Befruchtung durch Fremdbestäubung minder sicher garantiert ist, als bei den Feldpflanzen.

Diese Erwägungen werden genügen, um den guten Rat zu begründen: man schenke seinen Versuchsgewächsen während der Blütezeit nach dieser Richtung hin eine erhöhte Aufmerksamkeit. Läßt sich irgend ein Mangel in der normalen Entwicklung der Blütenteile bemerken, so säume man nicht, denselben durch Zuhülfenahme der künstlichen Befruchtung abzuwenden. Jedenfalls aber hüte man sich, die Ursache für eine eventuell auftretende gänzliche oder teilweise Unfruchtbarkeit seiner Versuchsobjekte ohne weiteres und früher in den Ernährungsverhältnissen zu suchen, als man sich experimentell überzeugt hat, daß ein äußerer Hinderungsgrund für eine erfolgreiche Befruchtung bestimmt nicht vorlag.

Dies würden die hauptsächlichsten Punkte sein, welche man bei der Sandkultur ins Auge zu fassen hat, und es würde nur noch übrig bleiben, einige Worte über

Die Beobachtung der Licht- und Wärmeschwankungen während der Vegetation

hinzuzufügen.

Wärme und Licht sind die beiden Wachstumsfaktoren, welche man bei der angegebenen Methode, Pflanzen zu ziehen, nicht vollständig beherrscht und nicht willkürlich zu regulieren vermag. Was man, wie wir gesehen haben, hierbei thun kann, ist, daß man durch richtige Wahl der Zeit, in welcher man die Experimente anstellt, die

beste Ausnutzung der zufällig gebotenen Agentien nach Möglichkeit sichert; dafs man ferner die Einwirkung schädlicher Intensitäten derselben thunlichst ausschliesst und dafs man endlich dafür sorgt, dafs alle nebeneinander angestellten Einzelversuche in Bezug auf die Einflüsse des Lichtes und der Wärme möglichst gleich situirt sind.

Man erreicht dadurch eine normale Entwicklung seiner Versuchsobjekte und wahrt die strenge Vergleichbarkeit aller gleichzeitig ausgeführten Einzelversuche.

Im übrigen mufs man den Wechsel der Temperatur, sowie die Schwankungen der Lichtintensität und damit den Einfluss, den beide auf die ganze Entwicklung der Pflanzen unleugbar haben, hinnehmen, wie sie der Himmel zufällig schickt.

Will man sich die Möglichkeit erhalten, die Wirkung dieses Einflusses zu beurteilen um auch die Resultate solcher Versuche mit einander in Beziehung zu setzen, welche in verschiedenen Jahren und zu verschiedenen Zeiten ausgeführt sind, so ist noch weiter die sorgfältige Beobachtung des Ganges der Wärme und des Lichtes während der Vegetationszeit erforderlich.

Es ist bekannt, dafs der Wechsel der Wärme- und Lichtintensität nach zwei Richtungen im grofsen und ganzen eine periodische Regelmäfsigkeit zeigt, und bezüglich der Wärme konnten wir infolgedessen in der That konstatieren, dafs schon eine dreimal täglich wiederholte Beobachtung der Schattentemperatur nicht unwichtige Andeutungen über den Einfluss der Wärme auf das gesamte Wachstum der Versuchspflanzen zu geben vermag; aber die Schwankungen und Unregelmäfsigkeiten innerhalb dieser Perioden sind so häufig wie grofs und es bedarf keines Beweises, dafs derartige Ermittlung für den vorliegenden Zweck unzureichend sind.

In noch viel höherem Grade aber als von der Wärme gilt dies vom Lichte, bei welchem die Abweichungen von dem regelmäfsigen Gange innerhalb der grofsen jährlichen und der täglichen Periode noch viel rascher und greller auftreten. Vercinzelte Beobachtungen zu bestimmten Tagesstunden müssen hier ohne weiteres als gänzlich zweck- und erfolglos erscheinen.

Die letzten Anforderungen, welche man bei der Ausführung von Pflanzenkulturversuchen zu machen hat, liegen klar genug vor, sie lauten: nach Möglichkeit genaue Bestimmung der Summe der Wärme- und Lichteinheiten, welche den Pflanzen

während ihrer Vegetation zufließen und der Intensitäten, mit welchen sie auf die Gewächse einwirken.

Derartigen Anforderungen vermögen aber offenbar nur gute selbstregistrierende Instrumente zu genügen.

Für die Messung des Lichtes existiert ein solcher Apparat überhaupt noch nicht; für die der Wärme sind mehrere vorhanden, die aber sämtlich deshalb nicht ohne weiteres hier verwendbar sind, weil die Versuchspflanzen bei der beschriebenen Kulturmethode ihren Standort häufig wechseln und bald im Freien, bald im Glashause stehen, die Instrumente aber, welche für unsere Zwecke tauglich sein sollen, so konstruiert sein müssen, daß sie ihre Aufstellung mitten unter den Versuchspflanzen finden und das Hin- und Hertransportieren mit denselben ohne Störungen in ihren Funktionen vertragen können.

Die Konstruktion solcher Instrumente liegt nicht außer dem Bereiche der Möglichkeit, ist aber unseres Wissens bis heute noch nicht versucht worden.

Wir machten, soweit uns die Zeit dazu übrig blieb, einige schwache Bemühungen in dieser Richtung, die aber, wie schon einmal gesagt, zu keinem Ziele führten.

Andeutungsweise sei kurz erwähnt, daß wir eine Messung der chemischen Wirkung des Lichtes zu erreichen versuchten einmal durch Bestimmung der Zersetzungsprodukte verschiedener lichtempfindlicher Salze, das andere Mal durch Beobachtung der Färbung, welche ein durch irgend welche bekannte mechanische Vorrichtung unter einem Spalte vorbeigezogener und mit salpetersaurem Uranoxyd präparierter Papierstreifen annimmt. Die Resultate befriedigten bei beiden Methoden nicht, und zwar bei letzterer auch dann nicht, als wir, um durch Ausschluß der geringsten Lichtstärken die Grenzkonturen der Lichtwirkung schärfer zu machen, den Spalt mit verschiedenen gefärbten Glasstreifen überdeckten, welche keilförmig oder treppenförmig zugeschliffen waren.

Zur fortlaufenden Notierung der Sonnen- und Schattenwärme ließen wir uns einen Apparat bauen, der im wesentlichen aus folgenden Teilen bestand:

Zwei je 1 m lange Zinkröhren, von denen die eine frei der Sonne exponiert, die andere vor der direkten Einwirkung derselben geschützt war, dienten als Thermometer. Die Ausdehnung resp. Zusammenziehung dieser Röhren wurde durch doppelte Hebelüber-

tragung etwa hundertmal vergrößert und mit Hilfe eines Schlagwerkes in Zeiträumen von vier zu vier Minuten auf einem durch eine Federuhr bewegten Papierstreifen notiert.

Obwohl auch dieser Apparat wegen äußerst mangelhafter Konstruktion in kurzem unbefriedigend fungierte, so zweifeln wir doch nicht, daß derselbe bei kundiger und gewissenhafter Ausführung im stande wäre, für die vorliegenden Zwecke erwünschte Dienste zu leisten.

Wir sind nach alledem nicht in der Lage, einen Weg anzugeben, auf welchem die Beobachtung der Licht- und Wärmeverhältnisse während der Vegetation in befriedigender Weise auszuführen wäre, glauben aber diesen Punkt als denjenigen bezeichnen zu müssen, welcher bei den Bestrebungen, die agrikulturchemische Methode der Sandkultur weiter auszubilden, zuerst und ernstlichst in Berücksichtigung zu ziehen ist.



