

## **ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften**

### **Mittheilungen von dem Versuchsfelde der Akademie Poppelsdorf**

**Havenstein, Gustav**

**Berlin, 1878**

[urn:nbn:de:hbz:38m:1-92064](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:38m:1-92064)

Leihgabe der Landwirtschaftskammer  
Rheinland

Ae  
205

de 205

Separat-Abdruck aus:

Landwirthschaftliche Jahrbücher.

Zeitschrift für wissenschaftliche Landwirthschaft und Archiv des Königlich Preussischen Landes-Oekonomie-Kollegiums.

Herausgegeben von Dr. H. von Nathusius, Geh. Ober-Reg.-Rath und Vorsitzender des Königlich Preussischen Landes-Oekonomie-Kollegiums und Dr. Hugo Thiel, Landes-Oekonomierath und General-Sekretair des Königlich Preussischen Landes-Oekonomie-Kollegiums. VII. Jahrgang, 1878. 6 Hefte mit in Summa 60 Bogen in gr. Lex.-Oct. Zu beziehen durch jede Buchhandlung und Postanstalt. Preis pro Jahrgang 20 Mark.

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.

Leihgabe der Landwirtschaftskammer  
Rheinland

Mittheilungen  
von dem Versuchsfelde der Akademie Poppelsdorf.

Von

Dr. Havenstein.

I. Studien über das Verhalten des natürlichen Bodens und der in ihm  
wurzelnden Pflanzen gegen Wasser.

Die physikalischen Eigenschaften des Bodens sind nach dem Vorgange Schübler's Gegenstand vielfacher Untersuchungen gewesen, besonders die letzten Jahre haben unsere Literatur durch eine verhältnissmässig grosse Zahl von Arbeiten über diese Materie bereichert. Offenbar bezeichnen diese Arbeiten den Beginn einer Reaktion gegen die hauptsächlich von Liebig inaugurierte Betrachtung der Fruchtbarkeitsfaktoren im Boden vom einseitig chemischen Standpunkte, und unverhüllt zeigt dieselbe ihr Antlitz in dem Titel eines in allerjüngster Zeit ins Dasein getretenen Organs: Forschungen auf dem Gebiet der Agrikulturphysik, herausgegeben von Wollny.

Jedermann, welcher den Gang der landwirthschaftlichen Forschung in dem hinter uns liegenden Zeitraum von etwa 20 Jahren aufmerksam verfolgt hat, muss mit Freuden diese Wendung begrüssen; Jedermann aber auch, der Beruf und Neigung zum Forschen in sich fühlt, muss sich wohl bewusst bleiben, dass gerade die landwirthschaftliche Forschung auf diesem Gebiete mit gewaltigen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, deren Verkenntung leicht zur fruchtlosen Vergeudung von Kraft und Zeit führt.

Man könnte im Hinblick auf die grosse Zahl von Arbeiten über das Verhalten des Bodens gegen Wasser meinen, dass diese Frage hinlänglich beantwortet sei; und doch ist dem durchaus nicht so, wie in Folgendem gezeigt werden soll. Ich darf ohne Schaden für meine Mittheilungen von einer Zusammenstellung und kritischen Betrachtung aller der nach Schübler erschienenen Arbeiten über diesen Gegenstand Abstand nehmen, da wir einer solchen der Literatur mehrfach begegnen. Erwähnen muss ich aber die Arbeiten von Liebenberg's, Meyer's und von Klenze's, <sup>1)</sup> weil sie am besten die seit Schübler gemachten Fortschritte zum Ausdruck bringen.

<sup>1)</sup> Ueber das Verhalten des Wassers im Boden. Inaugural-Dissertation von Adolph Ritter von Liebenberg.

Studien über die „wasserhaltende Kraft“ Schübler's von Adolph Mayer in Fühling's landwirthschaftlicher Zeitung 1875. 1. Heft.

Ac  
205

Liebenberg untersuchte eine grosse Zahl von Erden auf ihre wasserhaltende Kraft mittelst einer Methode, die zwar von der Schübler'schen abweicht, deren Resultate trotzdem aber, absolut genommen, einen höheren Werth nicht besitzen. Nicht die absolute Grösse der gefundenen Zahlen kommt in Betracht, denn es werden wohl weder Schübler noch Liebenberg bei Anstellung ihrer Versuche der Ansicht gewesen sein, dass sich das Wasser in dem natürlichen Boden ebenso verhält, wie in der demselben entnommenen Erdprobe: es ist allein das gegenseitige Verhältniss dieser Zahlen, welches ihren Werth bedingt, und dieses ist bis zu einem gewissen Grade, namentlich bei sorgfältigem Arbeiten, unabhängig von der Methode.

Das hauptsächlichste Ergebniss der von Liebenberg'schen Untersuchungen ist dieses, dass die Wasserkapazität hauptsächlich bedingt ist durch die Feinheit der Gemengtheile eines Bodens. Er spricht dies in folgenden Sätzen aus: „Die wasserhaltende Kraft hängt zunächst ab von der Menge der Feinerde, wächst aber nicht in demselben Verhältnisse, wie die Zunahme derselben“. Dann: „Aus diesen angeführten Gründen besitzen Sandböden eine geringe, Lehm Böden eine grössere und Thon- sowie humose Böden die grösste Sättigungskapazität“. Dasselbe Resultat fand auch schon Schübler<sup>1)</sup>, wie folgende Worte von ihm bezeugen: „sie (die wasserhaltende Kraft) zeigt sich übrigens bei den Sandarten, selbst je nach der verschiedenen Feinheit ihres Kornes verschieden, sie kann sich bei sehr grobkörnigem Sand bis gegen 20 pCt. vermindern, während sie sich bei sehr feinkörnigem Sand bis gegen 40 pCt. erhöhen kann. Liebenberg hat also, soweit es sich um die wasserhaltende Kraft handelt, die Resultate der Schübler'schen Untersuchungen bestätigt, und das ist immerhin ein Fortschritt, wenn auch nur ein quantitativer.

Die Mayer'schen Untersuchungen leiten sich von einem wesentlich neuen, durch theoretische Erwägungen gewonnenen Gesichtspunkt ab. Die Befürwortung der Bezeichnungen „Wasserkapazität oder Spezifischer Wassergehalt“ statt „Wasserhaltende Kraft“ betrachte ich dabei als etwas sehr Nebensächliches. Es kommt doch hauptsächlich darauf an, was man sich darunter denkt, und als eine durch die bis dahin erkannten Gesetze der Physik nicht erklärliche Eigenschaft hat Schübler seine „wasserhaltende Kraft“ wohl nicht aufgefasst, wie dies nach Mayer's Ausführungen erscheinen könnte. Der Begriff Kraft steht übrigens auch nicht im Widerspruch mit den Eigenschaften der Materie, welche bei dem Verhalten derselben gegen Wasser ins Spiel kommen. Meines Erachtens besteht das Verdienst Mayer's darin, das abweichende Verhalten des Wassers in langen und in kurzen Bodensäulen dargelegt zu haben.

Er unterscheidet eine volle oder grösste und eine absolute oder kleinste Kapazität. Die erstere ist fast identisch mit der Luftkapazität, die durch Division des Volumgewichts durch das Spec. Gewicht und Subtraction des Quotienten von 100 erhalten wird. Diese volle Capazität wurde bei den früheren mit relativ kurzen Bodensäulen ausgeführten Untersuchungen hauptsächlich gefunden. Die absolute oder kleinste Kapazität dagegen wird ausgedrückt durch den Wasser-

Untersuchungen über die kapillare Wasserleitung im Boden und die kapillare Sättigungskapazität desselben für Wasser von Dr. von Klenze. Landwirthschaftliche Jahrbücher 1877. Heft 1. In dieser Abhandlung sind die früheren Arbeiten ziemlich vollständig angeführt und zum Theil auch besprochen.

1) Grundsätze der Agrikulturchemie in näherer Beziehung auf land- und forstwirthschaftliche Gewerbe von G. Schübler, Leipzig 1838.)

BIBLIOTHEK  
der Landwirtschaftskammer  
Rheinland

Abt.: Ae.

Nr.: 905

gehört in dem oberen Abschnitt einer langen Bodensäule, die mit Wasser gesättigt war oder auch unten mit demselben in Berührung steht.

Nach meinem Dafürhalten ist dieses verschiedene Verhalten des Wassers in langen und kurzen Bodensäulen mit Hilfe des einfachen physikalischen Gesetzes zu erklären, dass die Höhe kapillarer Wassersäulen abhängig ist von der Weite der Röhren und dem Verhältniss dieser zu den Mündungen. Der untere Verschluss der zu diesen Versuchen benutzten Glas-Röhren kann ganz ignoriert werden, denn es würde ohne ihn dasselbe Resultat gefunden werden. In der Natur existiren auch derartige Verschlüsse ähnlicher Verhältnisse gar nicht. Wir können als Basis einer natürlichen Bodensäule entweder den Untergrundwasserspiegel oder die Grenzlinie zweier Bodenschichten von verschiedener Beschaffenheit uns denken. In beiden Fällen ist eine Analogie für Mayer's Verschluss nicht vorhanden; nur wenn eine grobkörnige auf einer feinkörnigen Bodenschichte lagert, könnte vielleicht von einem solchem die Rede sein, aber auch nur bei Vernachlässigung des Umstandes, dass feinere Kapillaren den gröberen mit Energie ihr Wasser entziehen.

Die absolute Kapazität ist kleiner als die volle bei allen Erdgemischen, die in Folge ihres Gehaltes an grobem Material Hohlräume von solcher Weite besitzen, dass schon bei einer geringen Höhe der Druck der Wassersäule die Kapillarkräfte überwindet. Die Differenz zwischen voller und absoluter Kapazität ist mithin direkt abhängig von dem Mengenverhältniss der feineren und gröberen Elemente eines Erdgemisches, sie verschwindet ganz bei sehr feinkörnigem Material. Dies beweisen eben die von Mayer gefundenen Zahlen, beim staubfeinen Quarz (unter 0,3 mm Durchmesser) betrug die volle Kapazität 49,95 pCt., die absolute 44,60 pCt.

Diese Untersuchungen Mayer's haben unsere Anschauungen über das Verhalten des Wassers in Erdgemischen erweitert, sie bedingen somit einen wirklichen Fortschritt. Durchaus nicht kann ich es aber mit von Liebenberg<sup>1)</sup> für einen solchen halten, wenn Mayer den Wassergehalt in Prozenten des Bodenvolumens ausdrückt. Ein einziger Blick auf Schübler's diesbezügliche Zahlen belehrt uns darüber, dass schon er diese Ausdrucksweise des gewichtsprozentischen mindestens gleichstellte, und Mayer sagt ja selbst in einer Anmerkung, dass erst die späteren Bearbeiter dieser Materie den Standpunkt Schübler's „aus Bequemlichkeit und Gedankenlosigkeit“ verlassen hätten.

Die jüngste Arbeit über Boden und Wasser von Klenze darf, was die Wasserkapazität betrifft, im Wesentlichen als eine Variation des von Mayer angeschlagenen Thema's betrachtet werden. Seine wichtigsten Schlüsse, dass nämlich die Feinheit der Gemengtheile in erster Linie bestimmend ist für die Grösse der Wasserkapazität und dass bei Anwendung verschieden hoher Bodensäulen der Unterschied zwischen voller und absoluter Kapazität mit zunehmender Feinheit der Elemente abnimmt, stimmen vollständig mit den Ergebnissen der eben besprochenen Versuche überein. Beim feinen festen Lehm betrug dieser Unterschied in zwei Bodensäulen von 10 und 40 cm Höhe 0,39 pCt. Auffallen an der Abhandlung von Klenze's muss es, dass die von Liebenberg'schen Untersuchungen gar nicht darin erwähnt sind. Durch das Studium derselben hätte vielleicht viel Arbeit erspart werden können, besonders in Bezug auf die kapillare Wasserleitung.

<sup>1)</sup> Ueber den gegenwärtigen Stand der Bodenphysik von Prof. Dr. von Liebenberg in Königsberg, Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Erstes Heft 1878.

Wenn „Fortschritt in der Wissenschaft“ die Auffindung bis dahin nicht bekannt gewesener Gesetzmässigkeiten oder neuer auf die Resultate exacter Untersuchungen gestützte Erklärungen für bereits bekannte Thatsachen bedeutet, dann haben wir seit Schübler verhältnissmässig wenig Fortschritte gemacht. Alle nach ihm entstandenen Arbeiten, vielleicht nur mit Ausnahme der Mayer'schen, leiden an einer Verwechselung der Begriffe. Schübler spricht von einer „wasserhaltenden Kraft der Erden“, und in Anbetracht der Klarheit im Denken, welche seine Arbeiten charakterisirt, möchte ich annehmen, dass dies nicht zufällig, sondern mit Bewusstsein geschieht. Ebenso spricht auch Mayer von „erdartigen Gemischen“. Alle anderen Bearbeiter dieses Gebietes aber sprechen ohne Weiteres von Boden, und dies eben halte ich für sehr unrichtig, denn es besteht doch wahrlich ein himmelweiter Unterschied zwischen „Erde“ und „Boden“. Zum Begriff des letzteren gehört vor allen Dingen das natürliche Gefüge und die Structur; sobald diese in einer entnommenen Probe zerstört sind, hat man es nicht mehr mit Boden, sondern mit Erde zu thun. Man hat noch nicht erlebt, dass z. B. ein Züchter auf Grund der auch noch so eingehenden Untersuchung einer Wollprobe in seinem Arbeitszimmer ein Urtheil gefällt hat über die Beschaffenheit der Fliesse in einer ganzen Heerde von Wollschafen, und wenn es wirklich einmal geschähe, dann würde man die Intelligenz eines solchen Mannes nicht allzu hoch veranschlagen. Die Eigenschaften einzelner in einer Probe vereinigten Wollhaare lassen mit Nichten einen Schluss auf die Beschaffenheit des ganzen Fliessens zu. Hierbei kommen noch andere Momente in Betracht, die nur durch gründliche Beobachtungen an Ort und Stelle erkannt und gewürdigt werden können. Zwischen Eigenschaften der „Wolle“ und des „Wollhaares“ ist daher wohl zu unterscheiden.

Ebenso verhält es sich auch mit dem Boden, er besteht aus Erde: Erde ist aber noch lange nicht Boden. Zwar bedingt die Beschaffenheit der Gemengtheile auch die Structur, aber durchaus nicht allein, vielmehr ist hierauf von wesentlichem Einfluss die Kultur. Zwei Ackerstücke von absolut gleicher Bodenmischung weisen in der von den Ackerinstrumenten nicht berührten Schichte die weitgehendsten Unterschiede in der Structur auf, wenn das eine vorwiegend mit relativ flachwurzelnden, das andere dagegen lange Zeit hindurch vorwiegend mit tiefwurzelnden Pflanzen bestellt war. Pflanzenwurzeln und Thiere durchziehen den Boden nach allen Richtungen hin und verleihen je nach ihrer Menge und Verschiedenheit der Structur einen bestimmten von der Beschaffenheit der Gemengtheile bis zu einem gewissen Grade unabhängigen Charakter. Dies ist eine Thatsache, die jeder beobachten kann, welcher überhaupt ein Auge für die Eigenschaften des natürlichen Bodens hat. Ich habe aus verschiedenen Tiefen bis 180 cm Proben mit der natürlichen Structur entnommen, um diese zu studiren, und dabei gefunden, dass sie auch nicht die allerentfernteste Aehnlichkeit mit den durch Pulverung hergestellten Material derselben Lage hatten, weder in ihrem Aussehen noch in ihrem Verhalten gegen Wasser.

Freilich muss man, um diese Unterschiede zu erkennen und ihre Bedeutung zu verstehen, den Boden als ein für sich bestehendes Naturprodukt nicht aber nur als einen Lieferanten von Material zur Ausführung von Laboratoriumsversuchen ansprechen.

Aus den vorstehenden Betrachtungen erhellt, dass alle die Ermittlungen der „wasserhaltenden Kraft oder „Wasserkapazität“ oder des „Spezifischen Wassergehalts“ nur ein vorwiegend theoretisches Interesse haben, insofern näm-

lich, als dabei das Verhalten der Bodenelemente gegen Wasser ohne Rücksicht auf ihre Lagerung im natürlichen Boden gefunden wurde. Fern liegt es mir, ihren wissenschaftlichen Werth anzuzweifeln, aber ich meine doch, derselbe kommt eben so viel der Physik als der Landwirthschaft zu Gute. Bei dieser tritt vor allen Dingen die Frage in den Vordergrund, wie stellt sich die Sache in Wirklichkeit? Und darin eben, dass diese Frage bis jetzt so vernachlässigt worden ist, dass vielmehr die von Schübler in dieses Gebiet gebahnten Wege nur weiter ausgetreten wurden, liegt die Einseitigkeit der Forschung, die durch die Einführung der Bezeichnung „Agrikulturphysik“ vielleicht noch begünstigt werden möchte.

Die landwirthschaftliche Forschung, wenn sie befruchtend auf das Gewerbe wirken soll, muss ihren Schwerpunkt mehr in die grosse, freie Natur verlegen und die Laboratoriumsarbeiten nur als Mittel zum Zweck ansehen. Die Naturbeobachtung im Grossen ist das erste und hauptsächlichste Postulat der echten landwirthschaftlichen Forschung, sie kann nicht ersetzt, sondern nur unterstützt werden durch die Fähigkeit, chemisch und physiologisch zu arbeiten.

Ausser den oben besprochenen Arbeiten liegen nun auch andere vor, die sich in der That mit dem Wassergehalte des natürlichen Bodens beschäftigen. Schumacher ermittelte die Winterfeuchtigkeit des Bodens bis zu einer Tiefe von 204 cm, und da meine Untersuchungen sich auf denselben Boden erstreckten, so mögen die von ihm gefundenen Zahlen hier angeführt werden.

Auf 100 g bei 110° getrockneter Erde kamen

| In der Tiefe von: | g Wasser |
|-------------------|----------|
| 23,5 cm           | 20,6     |
| 38,0 „            | 19,9     |
| 78,6 „            | 17,2     |
| 125,5 „           | 16,4     |
| 172,6 „           | 16,9     |
| 204,0 „           | 12,6     |

Eine neuere Bestimmung des Wassergehaltes im Boden bis 1,6 m Tiefe ist verzeichnet bei Haberlandt<sup>1)</sup>. In einem Lössboden des Wiener Versuchsgartens mit 71,38 pCt. Feinerde betrug in der ersten Hälfte des März 1876 der Wassergehalt:

| In einer Tiefe von: | pCt.  |
|---------------------|-------|
| 0—0,2 m             | 17,06 |
| 0,2—0,4 „           | 17,66 |
| 0,4—0,6 „           | 15,91 |
| 0,6—0,8 „           | 14,55 |
| 0,8—1,0 „           | 8,6   |
| 1,0—1,2 „           | 7,15  |
| 1,2—1,4 „           | 6,6   |
| 1,4—1,6 „           | 5,2   |

Beide Zahlenreihen zeigen, dass der Wassergehalt des Bodens unmittelbar nach der Winterperiode ein sehr viel kleinerer ist, als man nach den die „wasserhaltende Kraft“ ausdrückenden Zahlen annehmen sollte. Auffallend ist es auch, dass nach der Tiefe zu eine starke Abnahme sich bemerkbar macht. Jedenfalls regt dieser Umstand zum Nachdenken an; entweder ist das Regen- und Schneewasser in den oberen Schichten hängen geblieben oder es ist durch die unteren Schichten hindurchgegangen, ohne sie zu sättigen. Wenn der letztere Forscher mit Hülfe des im Laboratorium ermittelten Volumgewichtes des Bodens

1) Wissenschaftlich practische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Zweiter Band. Wien 1877.

den Gesamtwassergehalt der Bodenschicht bis 1,6 m Tiefe für einen Hektar berechnet, so ist das ein Akt der Willkür, denn das wirkliche Volumgewicht weicht um ein Bedeutendes von dem im Laboratorium ermittelten ab.

Diesen Untersuchungen sind zweckmässig nun weiter diejenigen anzureihen, welche hauptsächlich den Einfluss der Pflanzendecke auf den absoluten Wassergehalt des Bodens mit in den Kreis der Betrachtung ziehen.

Ohne mich auf eine eingehende Besprechung derselben einzulassen, will ich nur einzelne erwähnen, und zwar zunächst die von Wilhelm<sup>1)</sup>. Sie erstrecken sich auf einen Vergleich der Feuchtigkeitsverhältnisse in einem mit Luzerne bestandenen und einem nackten Boden bis zu einer Tiefe von 2,5 Wiener Fuss. Das Interesse dieser Untersuchungen gipfelt in der Thatsache, dass der mit Luzerne bestandene Boden in allen Fällen wasserärmer war als der nackte.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte auch Schumacher<sup>2)</sup>. Er verglich die im Boden befindlichen Wassermengen 1) Unter Wickgemenge und Brache. 2) Stoppel (Weizen) und Brache. 3) Futterroggen und Winterbrache. 4) Wickfutter und Futterrüben. In Versuch 1 und 3 wurde der Boden bis zu einer Tiefe von 19,6 resp. 42 cm untersucht; in beiden Fällen überwog der Wassergehalt der Brache. In Versuch 2 wurde bei einer Tiefe von 23,5 cm der Wassergehalt der Stoppel höher gefunden als bei der Brache. Versuch 4 endlich wurde bis 55 cm Tiefe ausgeführt und bei 31,4 cm unter Wickfutter mehr, bei 55 cm jedoch weniger Wasser gefunden als unter den Rüben.

In neuester Zeit ist auch Wollny<sup>3)</sup> diesem Gegenstand näher getreten. Von der grossen Zahl seiner Versuche will ich nur einen, welcher die Erforschung des Einflusses einer Pflanzen- und Düngerdecke auf den Wassergehalt des Bodens zum Zwecke hatte, kurz besprechen. Die Ausführung geschah so, dass 4 mit gesiebter Erde von dem Versuchsfelde gefüllte Kästen 1,5 m tief in die Erde gegraben wurden, drei derselben wurden dann mit Wicken, Bokharaklee und Gras bestellt, der vierte blieb unbedeckt. Die Ergebnisse sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

| Datum                 | Tiefe  | Wassergehalt des Bodens unter |                     |              |                      |
|-----------------------|--------|-------------------------------|---------------------|--------------|----------------------|
|                       |        | Wicken<br>pCt.                | Bokharaklee<br>pCt. | Gras<br>pCt. | Unbeschattet<br>pCt. |
| 19. Juni 1874 . . .   | 0—3    | 21,9                          | 19,86               | 16,08        | 11,93                |
|                       | 3—33   | 20,98                         | 19,84               | 22,54        | 28,59                |
|                       | 33—66  | 22,75                         | 21,83               | 23,43        | 31,11                |
| 14. Juli 1874 . . . . | 0—33   | 24,42                         | 23,49               | 21,23        | 25,64                |
|                       | 33—66  | 25,02                         | 23,86               | 23,45        | 29,42                |
|                       | 66—100 | 25,50                         | 23,26               | 25,86        | 30,98                |
| 3. September 1874 . . | 0—3    | —                             | 13,46               | 14,93        | 7,95                 |
|                       | 3—33   | —                             | 16,07               | 21,87        | 29,17                |
|                       | 33—66  | —                             | 16,34               | 22,77        | 31,40                |
|                       | 66—100 | —                             | 16,07               | 24,41        | 32,94                |
| 4. Juni 1874 . . . .  | 0—33   | —                             | —                   | 22,80        | 23,53                |
|                       | 33—66  | —                             | —                   | 29,37        | 28,14                |
|                       | 66—100 | —                             | —                   | 30,47        | 30,94                |

1) Wiener landwirthschaftliche Zeitung 1874.

2) Einfluss der Bearbeitung und Bedeckung auf den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens. Wiener landwirthschaftliche Zeitung 1871.

3) Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin 1877.

Bis zu einer Tiefe von 3 cm enthielt der durch Pflanzen beschattete Boden mehr, von da ab aber bis 100 cm ausnahmslos weniger Wasser als der unbeschattete. Dann folgten noch weitere 3 Probeentnahmen am 12., 15. und 17. September aus 0—33, 33—66 und 66—100 cm Tiefe unter Gras und unbeschatteten Boden, wobei in allen Tiefen der Feuchtigkeitsgehalt der unbeschatteten Parzelle denjenigen der beschatteten übertraf. Dieser Versuch wurde im Jahre 1875 mit dem gleichen Erfolge wiederholt. Im Wesentlichen werden dadurch die Resultate der früheren Untersuchungen zu unerschütterlichen That-sachen gestempelt.

In derselben Arbeit wird dann noch der zahlenmässige Nachweis dafür geliefert, dass die Erschöpfung des Bodens an Wasser unter dichtem Pflanzenbestand eine absolut grössere ist als unter lockerem, dass sie aber nicht in gleichem Verhältniss mit der Dichtigkeit des Bestandes wächst. Zieht man dann weiter noch in Betracht die Untersuchungen desselben Forschers über die Wasserverdunstung verschiedener Kulturpflanzen, so könnte man vielleicht die Frage nach dem gegenseitigen Verhalten von Boden, Wasser und Pflanzen als erledigt und weitere Bearbeitungen dieses Themas als überflüssig erachten.

Dies wäre jedoch ein etwas voreiliger Schluss, ich bin vielmehr auch heute noch, nachdem ich die Wollny'schen, bei Beginn meiner Arbeit noch nicht veröffentlichten Versuche studirt habe, der Ansicht, dass noch sehr Vieles auf diesem Gebiete in Dunkel gehüllt ist, was zu beleuchten für die Wissenschaft und Praxis des Landbaues von hoher Bedeutung ist. Es fehlt an systematischen jahrelang fortgesetzten Ermittlungen der absoluten Wassermengen des natürlichen Bodens in verschiedener Tiefe und unter verschiedenen Pflanzen mit gleichzeitiger Berücksichtigung der atmosphärischen Niederschläge. Ganz besonders wünschenswerth; ja unerlässlich ist es hierbei, den Wassergehalt auf das natürliche Volumen des Bodens zu beziehen, denn erst dadurch gewinnen wir eine Vorstellung von den vorhandenen und zur Disposition stehenden Wassermengen.

Ein solcher Versuch auf breiter Grundlage wurde von mir im Herbst 1876, nachdem ich dazu durch Schaffung von ausreichenden Arbeitsräumen in den Stand gesetzt war, eingeleitet. Für denselben wurde ein Schlag des hiesigen Versuchsfeldes von 2682 qm Grösse gewählt, bei dem, da er seit 5 Jahren gleichmässig bestellt und bedüngt war, eine gewisse Gleichmässigkeit bezüglich des Kraftzustandes vorausgesetzt werden durfte. Er trug im Jahre

- 1872 Sommerweizen, gedüngt mit Phosphoritmehl,
- 1873 Kartoffeln                   "       "   200 Ctr. Stalldünger,
- 1874 Lein,
- 1875 Roggen,
- 1876 Runkeln, gedüngt mit 50 kg aufgeschl. Peruguano und 50 kg Superphosphat.

Nach Aberntung der Runkeln wurde Anfang November tief gepflügt, am 3. April 1877 glatt geeeggt und mit 25 kg aufgeschl. Peru- und 50 kg Megillones-Guano gedüngt. Die Einbringung des Düngers erfolgte durch eine doppelte über Kreuz erfolgende Bearbeitung mit dem Coleman'schen Grubber. Dann wurde der ganze Schlag eingetheilt in 8 Parzellen von je 4 m Breite und 76 m Länge, also 304 qm Grösse, zwischen denen 40 cm breite Stiege liegen blieben. Es erhielt:

Parzelle 1. Sommerrüben, Aussaat am 5. April, Gedrillt zu 35 cm Reihenentfernung.

- Parzelle 2. Annat-Gerste, Aussaat am 5. April, gedrillt zu 15 cm Reihentfernung. Saatquantum 18,5 ccm pr. qm, im Ganzen 5,5 l.
- „ 3. Sächsische gelbfleischige Zwiebel-Kartoffeln, Aussaat am 16. April. 50 cm im Quadrat mit dem Spaten ausgelegt.
- „ 4. Vilmorin'sche Zuckerrüben, Aussaat am 23. April, gedrillt zu 33,3 cm Reihentfernung.
- „ 5. Brache.
- „ 6. Kleine frühe grüne Felderbsen, Aussaat am 5. April, gedrillt zu 20 cm Reihentfernung, Saatquantum 218 Körner pr. qm, im Ganzen 17 l.
- „ 7. Rothklee mit Probsteier Hafer als Deckfrucht, Aussaat am 5. April, Hafer gedrillt zu 25 cm Reihentfernung, Saatquantum 18 ccm pr. qm, im Ganzen 5,5 l.  
Klee breitwürfig, 2,4 g pr. qm, im Ganzen 830 g.
- „ 8. Luzerne mit Sommerroggen als Deckfrucht. Aussaat am 5. April. Sommerroggen gedrillt zu 25 cm Reihentfernung, Saatquantum 8 ccm pr. qm, im Ganzen 2,5 l.  
Luzerne breitwürfig, 3,6 g pr. qm, im Ganzen 1,1 kg.

Der Sommerrüben entwickelte sich in Folge massenhaften Auftretens von thierischen Feinden sehr mittelmässig, sein Ertrag blieb deshalb verschwindend klein. Ebenso erlitten auch die Zuckerrüben in ihrer ersten Entwicklung eine erhebliche Beeinträchtigung durch Drahtwürmer, später gediehen sie jedoch recht kräftig und gaben einen zufriedenstellenden Ertrag. Die Erbsen entwickelten sich überaus üppig und setzten auch massenhaft Schoten an, trotzdem war der Ertrag an Körnern ein qualitativ geringer in Folge des durch *Bruchus pisi* verursachten Schadens. Dieser Käfer tritt in hiesiger Gegend trotz aller Vorsichtsmassregeln so regelmässig und zerstörend auf, dass der Anbau von Erbsen überhaupt unrentabel ist. Die Kartoffeln wurden einmal geggt, einmal mit der Hand behackt und dann mit einer Handmaschine behäufelt. Die Zuckerrüben wurden 3 mal behackt und zuletzt behäufelt. Die Brachparzelle endlich erhielt im Frühjahr eine den andern gleiche Bearbeitung; dann wurde sie gepflügt am 24. Mai, mit dem Karst umgehackt am 25. Juni und 24. August, dazwischen mehrmals mit der Handegge geggt und von Unkraut frei gehalten.

Geerntet wurde:

|              |                        |                                                 |
|--------------|------------------------|-------------------------------------------------|
| Sommerrüben  | am 26. Juni,           | Ertrag nicht ermittelt.                         |
| Gerste       | . . . . . 24. Juli,    | Ertrag 105 kg Körner und 122 kg Stroh u. Spreu. |
| Kartoffeln   | . . . . . 9. October,  | Ertrag 800 kg.                                  |
| Zuckerrüben  | . . . . . 6. November, | „ 1308 „                                        |
| Erbsen       | . . . . . 17. Juli     | „ 43 „ Körner u. 81 kg Stroh u. Spreu.          |
| Hafer        | . . . . . 30. „        | „ 87 „ „ 122 „ „                                |
| Sommerroggen | . . . . . 27. „        | „ 42 „ „ 116 „ „                                |

Die Entnahme der Bodenproben geschah mit dem amerikanischen Tellerbohrer von 12 cm Durchmesser. Beim Bohren wurde ein in der Mitte mit einem runden Loche versehenes 2,25 qm grosses Brett benutzt, dessen untere Seite mit der Oberfläche des Bodens in eine Ebene fiel; ein Zusammendrücken desselben war dadurch ausgeschlossen. Das genaue Ablesen der jeweiligen Tiefe des Bohrloches wurde ermöglicht durch die Eintheilung der zusammengesetzten 3 m langen Bohrstange in 5 cm Grade, indem das betreffende Zeichen, bis zu welchem gebohrt werden sollte, in eine Ebene mit der Oberfläche des Brettes gebracht wurde.

Mit Hülfe dieser Einrichtungen war es möglich, ein bestimmtes Bodenvolumen aus beliebiger Tiefe zu fördern; die Seitenwandungen des Bohrloches stellten in dem festen Boden gleichsam eine Hülse dar, in welcher sich die losgebohrte auf dem flachen Teller befindliche Erdmasse so bewegen konnte, dass ein Zurückfallen unmöglich war. Die Höhe der jedesmal entnommenen Cylinder betrug 25 cm, die Proben hatten also ein Volumen von 2826,9 ccm. Zur Heraufbeförderung dieser durch die Reibung vermehrten Last aus grösserer Tiefe waren allerdings grössere Kräfte erforderlich als sie 4 oder 6 Menschenhände zu leisten vermögen, deshalb wurde ein kleiner Flaschenzug angelegt. Die feuchten Erdproben wurden sofort in vorher genau abgewogene, behufs Verhütung jeder Verdunstung mit gut übergreifenden Blechdeckeln versehene Thonschalen gebracht und gewogen. Nach Ermittlung des Nettogewichtes wurden sie, in möglichst zerkleinertem Zustande dünn ausgebreitet auf Blechplatten von 2400 qcm, in einem dazu hergerichteten Zimmer auf Gestellen so lange an der Luft getrocknet, bis kein Gewichtsverlust mehr stattfand. Unmittelbar nach der letzten Wägung wurde von jedem Blech eine Durchschnittsprobe von 60 bis 80 g im Luftbade bei 105° C. wieder bis zum Eintritt eines constanten Gewichtes getrocknet und daraus der Gesamtfeuchtigkeitsgehalt der frischen Proben berechnet.

Vielleicht kann meiner Ermittlung des wirklichen Volumgewichtes Ungenauigkeit vorgeworfen werden, und ich gestehe auch gerne zu, dass die Methode roh und der Verbesserung sehr bedürftig ist. Nichts destoweniger habe ich mich durch Kontrollversuche, die mit einem Cylinder aus Eisenblech von genau bekanntem Gehalt ausgeführt wurden, überzeugt, dass die von mir für das Volumgewicht gefundenen Zahlen der Wirklichkeit in der That ausserordentlich nahe kommen. Die beobachteten Differenzen blieben weit zurück hinter denjenigen, welche die Volumgewichte des Bodens in gleicher Tiefe an verschiedenen Stellen zeigen. Wohl nicht wenig trägt dazu bei die Grösse der Proben, wie ja auch die Resultate der Wasserbestimmungen dadurch an Zuverlässigkeit gewinnen.

Der Boden des hiesigen Versuchsfeldes darf als Alluvialboden, durch Anschwemmung des Rheins entstanden, bezeichnet werden. Merkwürdigerweise zeigt derselbe eine weitgehende Uebereinstimmung mit den höher gelegenen Diluvial-Ablagerungen hiesiger Gegend, es ist deshalb die Annahme gerechtfertigt, dass diesen Bildungen ein Theil ihrer Bestandtheile durch Wasser entführt und Unten abgelagert worden ist. Beiderlei Bildungen haben ausserdem wahrscheinlich denselben nur zeitlich verschiedenen Bedingungen ihre Entstehung zu verdanken. Zwischen dem Löss des einstimmig als Diluvialbildung angesprochenen Kreuzberges und dem unter der Lehmschicht des Versuchsfeldes anstehenden besteht fast kein Unterschied, jener wie dieser ist von ausserordentlich feiner Körnung und Mischung und führt die charakteristischen Kalkconcretionen (Lössmännchen).

Durch die Bohrung wurde folgende an allen Stellen des Schlages, ja fast des ganzen Feldes übereinstimmende Schichtung erkannt: von 0—105—115 cm Lehm, der unterhalb 25 cm (untere Grenze der Ackerkrume) an Bindigkeit zunimmt. Darauf folgt Lössmergel, in welchem mit zunehmender Tiefe das Sandmaterial zunimmt, bis er bei 180 cm allmählich in eine Geröllschicht übergeht.

Die mechanische Analyse wurde ausgeführt mit dem Kühn'schen Schlämmsylinder. Nachdem alles Gesteinsmaterial von über 1 mm Durchmesser mittelst

eines Drahtsiebes aus der ganzen Probe ausgeschieden und auf das Gesamtgewicht berechnet war, wurden der durchgeseihten Masse Proben von 30 g entnommen, 3 Stunden gekocht und dann abgeschlämmt. Nach Orth fallen alle Elemente mit einer geringeren Fallgeschwindigkeit im stehenden Wasser als 2 mm in der Secunde unter die Bezeichnung „Abschlämbare Theile“. Der im Schlämmeylinder schliesslich zurückbleibende Sand wurde mittelst eines Rundlochsiebsatzes, wie es zur Zeit in der geologischen Landes-Anstalt in Gebrauch ist, zerlegt.

1000 Theile des getrockneten Bodens enthalten:

|                     | Acker-<br>krume | 25—50<br>cm | 80—90<br>cm | 115—125<br>cm | 145—155<br>cm | 175—185<br>cm | 205—210<br>cm |
|---------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Steine über 5 mm .  | 15,75           | 7,27        | 0,94        | 16,26         | 9,56          | 26,68         | 445,04        |
| Kies von 3—5 mm .   | 2,42            | 0,62        | 0,66        | 1,46          | 0,80          | 2,60          | 30,76         |
| „ „ 1—3 „ .         | 16,38           | 8,27        | 4,11        | 11,26         | 12,55         | 22,58         | 92,44         |
| Sand v. 0,5—1 mm    | 15,29           | 11,52       | 4,65        | 6,95          | 9,57          | 12,77         | 47,50         |
| „ „ 0,25—0,5 „      | 69,41           | 56,78       | 37,85       | 39,79         | 36,04         | 115,64        | 166,80        |
| „ unter 0,25 „      | 358,92          | 297,23      | 285,36      | 471,35        | 502,47        | 507,30        | 125,90        |
| Abschl. Theile . .  | 521,83          | 618,31      | 666,43      | 452,93        | 429,01        | 312,43        | 91,56         |
| Spec. Gewicht . .   | 2,662           | 2,705       | 2,732       | 2,720         | 2,716         | 2,713         | —             |
| Kohlensaurer Kalk ‰ | —               | —           | —           | 14,846        | 18,754        | 16,057        | —             |
| Glühverlust ‰ . .   | 3,373           | 2,947       | 3,013       | 2,624         | 2,248         | 1,902         | —             |

Jede Analyse wurde mit 3 von verschiedenen Stellen des Schlages entnommenen Proben ausgeführt, wobei sich sehr geringe Abweichungen herausstellten.

Was die petrographische Beschaffenheit der gröberen Gemengtheile betrifft, so bestehen die meistens 3—5 cm grossen Gerölle der untersten, sowie auch die gröberen Sande der oberen Schichten aus sehr mannigfachen Gesteinsarten. Die wichtigsten sind: Weisser und gelber Quarz, Thonschiefer, Hyperit, Diorit, Basalt, Porphyry, Trachyt, Buntsandstein, verschiedene Kalksteine. In den gröberen Gemengtheilen der Ackerkrume sind diese Gesteinsarten recht gut nachweisbar, in der Schichte von 50—100 cm treten sie aber sehr zurück gegen eigenthümlich schwarz gefärbte, meist rundliche Eisenbildungen, deren Entstehung wohl ähnlich wie die der Bohnerze zu erklären ist. Sie machen den überwiegend grössten Theil des groben Sandes dieser Schichte aus. In dem Mergel verschwinden die Gesteinstrümmer fast ganz, um den oben erwähnten rissigen und durchlöcherten Kalkconcretionen Platz zu machen. Schon in dem Sand von 0,5—0,25 mm Durchmesser überwiegen in allen Schichten Quarz und Glimmer, noch mehr ist dies aber der Fall in demjenigen unter 0,25 mm. Ebenso ergab auch eine mikroskopische Untersuchung der abschlämbaren Theile einen nicht unwesentlichen Gehalt derselben an Quarz und Glimmertheilchen. Der Uebergang des kalkfreien Lehms in Mergel ist meistens ein schroffer, nur hie und da ist die Grenzschicht von Kalkadern durchzogen.

Der Grundwasserspiegel liegt sehr tief, er tritt niemals in den Bereich der über dem Gerölle liegenden Bodenschichten.

Vor den Ergebnissen der periodischen Wasserbestimmung gebe ich noch

die Zusammenstellung der atmosphärischen Niederschläge während der zwischen den verschiedenen Entnahmen liegenden Zeiträume.

|                          |           | mm     | Regen-<br>tage | Maximum<br>mm | Minimum<br>mm |
|--------------------------|-----------|--------|----------------|---------------|---------------|
| November 1876 . . . .    | (30 Tage) | 56,398 | 23             | 12,013        | 0,018         |
| Vom 1.—10. December .    | (10 „ )   | 47,186 | 10             | 11,468        | 0,094         |
| „ 11.—22. „ . . .        | (12 „ )   | 3,410  | 6              | 1,372         | 0,103         |
| „ 23.—31. „ . . .        | ( 9 „ )   | 12,986 | 4              | 10,716        | 0,150         |
| Januar 1877 . . . . .    | (31 „ )   | 64,770 | 16             | 19,460        | 0,050         |
| Vom 1.—27. Februar . .   | (27 „ )   | 62,884 | 22             | 19,635        | 0,135         |
| „ 28. Febr. bis 10. März | (11 „ )   | 22,030 | 6              | 10,575        | 0,637         |
| „ 11.—31. März . . .     | (21 „ )   | 33,276 | 12             | 9,130         | 0,282         |
| „ 1.—30. April . . .     | (30 „ )   | 44,080 | 19             | 9,600         | 0,030         |
| „ 1.—19. Mai . . . .     | (19 „ )   | 15,850 | 13             | 4,500         | 0,090         |
| „ 20.—26. „ . . . .      | ( 7 „ )   | 21,960 | 4              | 11,30         | 0,18          |
| „ 27. Mai bis 7. Juni .  | (12 „ )   | 34,630 | 9              | 17,63         | 0,18          |
| „ 8.—20. Juni . . . .    | (13 „ )   | 18,420 | 3              | 17,85         | 0,23          |
| „ 21.—30. „ . . . .      | (10 „ )   | 12,12  | 3              | 11,28         | 0,16          |
| „ 1.— 3. Juli . . . .    | ( 3 „ )   | 5,90   | 2              | 5,15          | 0,75          |
| „ 4.—31. „ . . . .       | (28 „ )   | 51,500 | 20             | 7,91          | 0,37          |
| „ 1.—31. August . . .    | (31 „ )   | 84,540 | 16             | 21,04         | 0,19          |
| „ 1.—30. September .     | (30 „ )   | 48,680 | 18             | 19,21         | 0,04          |
| „ 1.—29. October . .     | (29 „ )   | 40,095 | 18             | 9,00          | 0,06          |
| „ 30. u. 31. „ . . .     | ( 2 „ )   | 15,690 | 2              | 15,44         | 0,25          |

Summa 696,405 in 226 Tagen.

Die Winterfeuchtigkeit am 11. December, 22. December, 27. Februar und 10. März wurde an drei von verschiedenen Stellen des damals noch in rauher Furche liegenden Schlages entnommenen einzeln für sich untersuchten Proben ermittelt, die betreffenden Zahlen drücken also den Durchschnitt dreier Untersuchungen aus. Alle späteren Bestimmungen wurden nur mit je einer Probe ausgeführt. Von den Proben des 20. Juni entstammte eine Serie einem Rübsenacker, unmittelbar nach dem Schneiden der Frucht entnommen, die andere einem daran grenzenden Zuckerrübenfelde. Am 3. Juli wurde der den Rübsen begrenzende Raps geschnitten und gleich darauf auch hier Proben entnommen. Diese zum Vergleich herangezogene Feldabtheilung grenzt an den Versuchsschlag, die Bodenverhältnisse sind die gleichen.

Die Resultate sind aus folgenden Tabellen ersichtlich:

| Tag der Entnahme  | Tiefe<br>in<br>cm | Auf 1000 g<br>trockenen Bodens<br>kommen<br>Grm. Wasser | Volumgewicht<br>des trockenen<br>Bodens | 1000 Volumina frischer Boden<br>enthalten Vol. |        |       |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|--------|-------|
|                   |                   |                                                         |                                         | Feste<br>Bestand-<br>theile                    | Wasser | Luft  |
| 11. December 1876 | 0—25              | 234,95                                                  | 1,457                                   | 547,3                                          | 342,3  | 110,4 |
|                   | 25—50             | 194,18                                                  | 1,705                                   | 630,3                                          | 331,0  | 38,6  |
|                   | 90—115            | 169,72                                                  | 1,638                                   | 600,6                                          | 278,0  | 121,4 |
|                   | 155—180           | 163,8                                                   | 1,733                                   | 638,7                                          | 283,9  | 77,4  |
| 22. December 1876 | 0—25              | 211,89                                                  | 1,574                                   | 591,5                                          | 333,6  | 74,9  |
|                   | 25—50             | 186,98                                                  | 1,716                                   | 634,5                                          | 320,9  | 44,6  |
|                   | 95—115            | 200,86                                                  | 1,748                                   | 641,3                                          | 351,3  | 7,4   |
|                   | 155—180           | 177,5                                                   | 1,831                                   | 674,8                                          | 325,2  | —     |
| 27. Februar 1877  | 0—25              | 230,86                                                  | 1,372                                   | 515,3                                          | 316,6  | 168,1 |
|                   | 25—50             | 193,26                                                  | 1,775                                   | 656,1                                          | 343,9  | —     |
|                   | 90—115            | 210,33                                                  | 1,733                                   | 635,5                                          | 364,5  | —     |
|                   | 155—180           | —                                                       | —                                       | —                                              | —      | —     |
| 10. März 1877     | 0—25              | 218,44                                                  | 1,383                                   | 519,5                                          | 302,1  | 178,4 |
|                   | 25—50             | 187,66                                                  | 1,791                                   | 662,1                                          | 336,2  | 1,7   |
|                   | 90—115            | 202,43                                                  | 1,739                                   | 637,7                                          | 352,0  | 10,3  |
|                   | 155—180           | 220,61                                                  | 1,688                                   | 622,2                                          | 372,5  | 5,3   |

| Entnahme am 19. Mai     |             |                                                      |                                         |                                                |        |       | Entnahme am 29. October                              |                                         |                                                |        |       |
|-------------------------|-------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|--------|-------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|--------|-------|
| Parzelle                | Tiefe<br>cm | Auf 1000 g trockenen<br>Bodens kommen<br>Wasser Grm. | Volumgewicht<br>des trockenen<br>Bodens | 1000 Vol. frischen<br>Bodens enthalten<br>Vol. |        |       | Auf 1000 g trockenen<br>Bodens kommen<br>Wasser Grm. | Volumgewicht<br>des trockenen<br>Bodens | 1000 Vol. frischen<br>Bodens enthalten<br>Vol. |        |       |
|                         |             |                                                      |                                         | Feste<br>Bestand-<br>theile                    | Wasser | Luft  |                                                      |                                         | Feste<br>Bestand-<br>theile                    | Wasser | Luft  |
| 1.<br>Sommer-<br>rübsen | 0—25        | 162,11                                               | 1,443                                   | 542,0                                          | 290,6  | 167,4 | 196,25                                               | 1,423                                   | 534,8                                          | 279,0  | 186,2 |
|                         | 25—50       | 165,46                                               | 1,753                                   | 648,1                                          | 290,0  | 61,9  | 152,48                                               | 1,604                                   | 593,0                                          | 244,0  | 163,0 |
|                         | 90—115      | 214,44                                               | 1,559                                   | 571,8                                          | 334,4  | 93,8  | 207,26                                               | 1,415                                   | 519,0                                          | 293,0  | 188,0 |
|                         | 155—180     | 115,5                                                | 2,065                                   | 761,4                                          | 238,6  | —     | 179,87                                               | 1,693                                   | 622,7                                          | 305,0  | 72,3  |
| 2.<br>Gerste            | 0—25        | 152,88                                               | 1,365                                   | 512,8                                          | 208,7  | 278,5 | 188,69                                               | 1,475                                   | 554,4                                          | 279,0  | 166,6 |
|                         | 25—50       | 161,82                                               | 1,733                                   | 640,6                                          | 280,0  | 79,4  | 155,83                                               | 1,616                                   | 597,5                                          | 252,0  | 150,5 |
|                         | 90—115      | 212,15                                               | 1,729                                   | 634,1                                          | 365,9  | —     | 180,45                                               | 1,633                                   | 598,9                                          | 295,1  | 106,0 |
|                         | 155—180     | 182,79                                               | 1,814                                   | 668,5                                          | 331,5  | —     | 197,54                                               | 1,757                                   | 647,7                                          | 347,0  | 5,3   |
| 3.<br>Kartoffeln        | 0—25        | 173,60                                               | 1,410                                   | 529,9                                          | 245,0  | 225,1 | 195,92                                               | 1,342                                   | 504,0                                          | 262,0  | 234,0 |
|                         | 25—50       | 170,16                                               | 1,673                                   | 618,8                                          | 285,0  | 46,2  | 150,63                                               | 1,595                                   | 589,8                                          | 240,0  | 170,2 |
|                         | 90—115      | 208,63                                               | 1,644                                   | 603,2                                          | 344,2  | 52,6  | 194,5                                                | 1,555                                   | 570,1                                          | 302,0  | 127,9 |
|                         | 155—180     | 190,87                                               | 1,787                                   | 658,8                                          | 341,2  | —     | 159,2                                                | 1,748                                   | 644,4                                          | 278,5  | 77,1  |

| Entnahme am 19. Mai                           |             |                                                      |                                         |                                                |        |       | Entnahme am 29. October                              |                                         |                                                |        |       |
|-----------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|--------|-------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|--------|-------|
| Parzelle                                      | Tiefe<br>cm | Auf 1000 g trockenen<br>Bodens kommen<br>Wasser Grm. | Volumgewicht<br>des trockenen<br>Bodens | 1000 Vol. frischen<br>Bodens enthalten<br>Vol. |        |       | Auf 1000 g trockenen<br>Bodens kommen<br>Wasser Grm. | Volumgewicht<br>des trockenen<br>Bodens | 1000 Vol. frischen<br>Bodens enthalten<br>Vol. |        |       |
|                                               |             |                                                      |                                         | Feste<br>Bestand-<br>theile                    | Wasser | Luft  |                                                      |                                         | Feste<br>Bestand-<br>theile                    | Wasser | Luft  |
| 4.<br>Zuckerrüben                             | 0—25        | 164,08                                               | 1,436                                   | 539,4                                          | 235,0  | 225,6 | 201,92                                               | 1,452                                   | 545,5                                          | 293,0  | 161,5 |
|                                               | 25—50       | 170,57                                               | 1,666                                   | 615,9                                          | 284,0  | 100,1 | 147,08                                               | 1,597                                   | 590,6                                          | 235,0  | 174,4 |
|                                               | 90—115      | 206,63                                               | 1,744                                   | 639,5                                          | 360,5  | —     | 172,0                                                | 1,726                                   | 632,9                                          | 297,0  | 70,1  |
|                                               | 155—180     | 184,42                                               | 1,809                                   | 666,9                                          | 333,1  | —     | 152,3                                                | 1,755                                   | 646,8                                          | 267,3  | 85,9  |
| 5.<br>Brache                                  | 0—25        | 185,03                                               | 1,403                                   | 527,0                                          | 259,6  | 213,4 | 194,37                                               | 1,215                                   | 456,6                                          | 237,0  | 306,4 |
|                                               | 25—50       | 184,65                                               | 1,651                                   | 610,3                                          | 304,8  | 84,9  | 169,42                                               | 1,583                                   | 585,5                                          | 269,0  | 145,5 |
|                                               | 90—115      | 211,43                                               | 1,632                                   | 598,4                                          | 345,1  | 56,5  | 210,9                                                | 1,427                                   | 523,5                                          | 302,0  | 174,5 |
|                                               | 155—180     | 184,5                                                | 1,777                                   | 655,0                                          | 327,8  | 17,2  | 185,71                                               | 1,805                                   | 665,4                                          | 334,6  | —     |
| Entnahme am 26. Mai                           |             |                                                      |                                         |                                                |        |       | Entnahme am 31. October                              |                                         |                                                |        |       |
| 6.<br>Erbsen                                  | 0—25        | 183,74                                               | 1,426                                   | 535,7                                          | 262,0  | 202,3 | 200,32                                               | 1,516                                   | 568,5                                          | 300,0  | 131,5 |
|                                               | 25—50       | 182,22                                               | 1,788                                   | 661,1                                          | 326,0  | 12,9  | 178,7                                                | 1,704                                   | 630,0                                          | 305,0  | 65,0  |
|                                               | 90—115      | 210,9                                                | 1,624                                   | 595,4                                          | 341,4  | 63,2  | 195,0                                                | 1,676                                   | 614,6                                          | 326,0  | 59,4  |
|                                               | 155—180     | 145,96                                               | 1,616                                   | 595,8                                          | 236,2  | 168,0 | 136,51                                               | 1,583                                   | 583,6                                          | 216,0  | 200,4 |
| 7.<br>Hafer mit<br>Klee                       | 0—25        | 186,62                                               | 1,516                                   | 569,7                                          | 283,5  | 146,8 | 178,92                                               | 1,491                                   | 560,2                                          | 267,0  | 172,8 |
|                                               | 25—50       | 179,03                                               | 1,765                                   | 652,4                                          | 315,0  | 32,6  | 155,66                                               | 1,530                                   | 565,8                                          | 238,0  | 196,2 |
|                                               | 90—115      | 194,82                                               | 1,585                                   | 581,4                                          | 309,3  | 109,3 | 164,98                                               | 1,602                                   | 587,7                                          | 265,0  | 147,3 |
|                                               | 155—180     | 211,11                                               | 1,725                                   | 635,7                                          | 364,3  | —     | 163,45                                               | 1,811                                   | 667,7                                          | 296,0  | 36,3  |
| 8.<br>Sommer-<br>roggen<br>mit Luzerne        | 0—25        | 171,65                                               | 1,587                                   | 596,2                                          | 272,0  | 131,8 | 207,66                                               | 1,458                                   | 548,0                                          | 303,0  | 149,0 |
|                                               | 25—50       | 183,16                                               | 1,743                                   | 644,4                                          | 319,0  | 36,6  | 171,91                                               | 1,709                                   | 632,0                                          | 294,0  | 74,0  |
|                                               | 90—115      | 184,15                                               | 1,585                                   | 581,4                                          | 292,0  | 126,5 | 186,40                                               | 1,756                                   | 644,0                                          | 327,0  | 29,0  |
|                                               | 155—180     | 204,83                                               | 1,501                                   | 553,3                                          | 367,0  | 139,7 | 182,5                                                | 1,857                                   | 684,6                                          | 315,4  | —     |
| Brachparzelle am 7. Juni (nach starkem Regen) |             |                                                      |                                         |                                                |        |       | Erbsenparzelle am 7. Juni                            |                                         |                                                |        |       |
|                                               | 0—25        | 211,31                                               | 1,498                                   | 563,0                                          | 317,0  | 120,0 | 165,88                                               | 1,460                                   | 548,7                                          | 242,0  | 209,3 |
|                                               | 25—50       | 182,52                                               | 1,808                                   | 668,7                                          | 331,3  | —     | 167,82                                               | 1,611                                   | 595,6                                          | 270,2  | 134,2 |
|                                               | 90—115      | 215,5                                                | 1,548                                   | 567,8                                          | 334,0  | 98,2  | 208,19                                               | 1,628                                   | 597,0                                          | 338,0  | 65,0  |
|                                               | 155—180     | 188,3                                                | 1,761                                   | 649,2                                          | 322,0  | 18,8  | 158,41                                               | 1,752                                   | 646,0                                          | 278,0  | 76,0  |
| Entnahme vom 20. Juni                         |             |                                                      |                                         |                                                |        |       | Am 3. Juli (Raps)                                    |                                         |                                                |        |       |
| Rüben                                         | 0—25        | 132,2                                                | 1,248                                   | 469,1                                          | 166,0  | 364,9 | 107,97                                               | 1,372                                   | 515,6                                          | 148,0  | 336,4 |
|                                               | 25—50       | 131,30                                               | 1,598                                   | 590,9                                          | 210,0  | 199,1 | 124,5                                                | 1,604                                   | 593,0                                          | 199,9  | 207,1 |
|                                               | 90—115      | 192,97                                               | 1,780                                   | 652,8                                          | 343,0  | 4,2   | 197,86                                               | 1,650                                   | 605,0                                          | 326,4  | 68,6  |
|                                               | 155—180     | 178,8                                                | 1,472                                   | 542,8                                          | 263,3  | 193,9 | 164,61                                               | 1,876                                   | 691,4                                          | 308,6  | —     |
| Zuckerrüben                                   | 0—25        | 169,29                                               | 1,444                                   | 542,6                                          | 248,0  | 209,4 |                                                      |                                         |                                                |        |       |
|                                               | 25—50       | 185,06                                               | 1,637                                   | 605,2                                          | 303,0  | 91,8  |                                                      |                                         |                                                |        |       |
|                                               | 90—115      | 192,36                                               | 1,528                                   | 560,5                                          | 294,0  | 145,5 |                                                      |                                         |                                                |        |       |
|                                               | 155—180     | 156,8                                                | 1,903                                   | 701,5                                          | 298,5  | —     |                                                      |                                         |                                                |        |       |

| Der Durchschnitt aus allen ermittelten          | Im Laboratorium wurden ermittelt: |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Volumgewichten beträgt für die Ackerkrume 1,430 | 1,385                             |
| 25—50 cm 1,678                                  | 1,427                             |
| 90—115 " 1,635                                  | 1,455                             |
| 155—180 " 1,755                                 | 1,433                             |

Es sind nicht so gleichmässige Zahlenreihen, die vorstehenden, wie sie sonst wohl gefunden werden, trotzdem oder eben deshalb sind sie in mancher Beziehung doch recht lehrreich. Was zunächst den absoluten Wassergehalt des von den winterlichen Niederschlägen durchtränkten Bodens betrifft, so ist dieser verhältnissmässig niedrig, ebenso wie bei den Untersuchungen von Schumacher und Haberlandt. Die höchste Grenze desselben in der Ackerkrume mit 23,5 pCt. und in 25—50 cm Tiefe mit 19,4 pCt. war erreicht am 11. December, in der Schichte von 90—115 cm mit 21,5 pCt. am 7. Juni auf der Brachparzelle und in 155—180 cm Tiefe endlich mit 22,06 pCt. am 27. Februar. Die unmittelbar unter der Ackerkrume (25—50 cm) liegende Schichte enthält immer weniger Wasser als die von 90—115 cm, auch wenn in der Ackerkrume ein Ueberschuss vorhanden war. Dies ist der Fall am 22. December, 27. Februar und 10. März und dann bei allen Parzellen am 29. und 31. October. In dieser Thatsache tritt meines Erachtens der Einfluss des Gefüges auf die wasserhaltende Kraft recht deutlich hervor. In dieser Schicht haben durch den bei der Bearbeitung jahrelang auf sie ausgeübten Druck die Bodenelemente allmählich eine festere Aneinanderlagerung erfahren als in der Ackerkrume und der Schichte von 90—115 cm. Interessant sind auch die Schwankungen in dem Wassergehalt der einzelnen Schichten zu verschiedenen Zeiten, bei 25—50 cm beträgt dieselbe 4,7 pCt., bei 90—115 cm 4,6 pCt., bei 155—190 cm dagegen 9,6 pCt. In der tiefsten Schicht waren die Schwankungen also am grössten, in den oberen verhältnissmässig sehr gering. Ein Vergleich dieses gewichtsprozentischen mit dem volumprozentischen Wassergehalt zeigt unmittelbar, welchem Irrthume derjenige verfällt, der ohne Weiteres aus dem ersteren den letzteren erschliessen will. Denn keineswegs entspricht in derselben Schichte dem höheren gewichtsprozentischen auch ein höherer volumprozentischer Gehalt. Am 19. Mai zeigte Parzelle 1 in 90—115 cm Tiefe 21,44 Gewichtsprozent und 33,44 Volumprozent, die unmittelbar daneben liegende Parzelle dagegen 21,21 Gewichtsprozent und 36,59 Volumprozent. In letzterem Falle war der Boden in Folge allseitiger fester Aneinanderlagerung seiner Elemente und dadurch erhöhter Kapillarkraft voll mit Wasser gesättigt, in ersterem dagegen wurde bei der Probeentnahme eine Stelle getroffen, in welcher bei gleich fester Aneinanderlagerung seiner Elemente (Gefüge) der Boden auch von nicht kapillar wirkenden Hohlräumen durchzogen war. Er enthielt absolut weniger, auf gleiche Gewichte bezogen, jedoch etwas mehr Wasser als auf Parzelle 2. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich noch oft, besonders bei 155—180 cm Tiefe, und kann als Beweis dafür dienen, dass der gewichtsprozentische Wassergehalt um so höher gefunden werden wird, je weniger Bodenelemente in einem bestimmten Raum sich befinden. Diesem hohen gewichtsprozentischen kann ein verhältnissmässig niedriger volumprozentischer Wassergehalt entsprechen, wenn ein Theil der Hohlräume kein Wasser kapillar festhalten kann. Ist aber die ganze Bodenmasse gleichmässig fest, und wirken alle Hohlräume als Kapillaren, dann ist die Folge ein hoher volumprozentischer gegenüber einem niedrigen gewichtsprozentischen Feuchtigkeitsgehalt. Dabei kann in beiden Fällen die Aneinanderlagerung der einzelnen Elemente eine gleich feste sein, der Unterschied im Wassergehalt erklärt sich nicht durch die von der Art der Gemengtheile, sondern von anderen Ursachen bedingten Hohlräume.

Es ist also ein Irrthum, wenn man meint, dass die Structur eines schweren Bodens in tieferen Schichten an allen Stellen eine gleichmässige sei. Dies beweisen am deutlichsten die Volumgewichte. Mag ein Theil der hier zu Tage tretenden Differenzen auch der unvollkommenen Methode der Probeentnahme zur Last gelegt werden, ganz werden dieselben dadurch aber nicht erklärt. Diese Unvollkommenheit wird theilweise auch wieder ausgeglichen durch die Grösse der Probe selbst. Zu einem annähernd richtigen Bilde von dem Gefüge einer ganzen Bodenschichte glaubte ich zu gelangen dadurch, dass ich aus allen ermittelten Volumgewichten das arithmetische Mittel zog. Zum Vergleich wurde dann das Volumgewicht der feinpulverisirten trockenen Erden von 3 verschiedenen Proben gleicher Tiefe bestimmt mittelst eines Glases von 1005 ccm Inhalt. Obgleich ich die Erden so fest wie möglich einrüttelte, blieb doch das auf diese Weise ermittelte Gewicht, wie die betreffenden Zahlen zeigen, um ein Wesentliches hinter dem wirklichen zurück. Darin liegt nun nichts Auffälliges, wenn man sich der jeden Tag zu beobachtenden Thatsache erinnert, dass ein schwerer Boden schon in geringer Tiefe eine solche Festigkeit besitzt, dass sein Gefüge<sup>1)</sup> nur mittelst schwerer Hacken zerstört werden kann. Durch die natürlichen auf ihn einwirkenden Kräfte wurden seine einzelnen Elemente dichter aneinandergedrückt als es im Laboratorium möglich ist. Trotzdem zeigt der natürliche Boden immer noch eine Unzahl von Hohlräumen, die theils kapillar, theils nicht kapillar wirken, er ist also auch in Bezug auf die Bewegung des Wassers von Oben nach Unten und umgekehrt wesentlich anders zu beurtheilen, als die aus gepulverter Erde hergestellten Proben. Die künstlich ermittelten Werthe über das Verhalten gegen Wasser werden den wirklichen nur bei ausgesprochenen Sandböden nahe kommen, bei allen über eine gewisse Grenze der Bindigkeit hinausgehenden liegen sie weit ab von der Wirklichkeit.

Der Einfluss der atmosphärischen Niederschläge und des Pflanzenwachstums auf die absolute Bodenfeuchtigkeit wird durch die Schwankungen des Volumgewichts einigermassen verschleiert. Um denselben zur klaren Darstellung zu bringen, habe ich mit Zugrundelegung der Durchschnittsvolumgewichte den absoluten Wassergehalt für eine Oberfläche von 200 qcm für die Schichten von 0—50 und 50—180 cm berechnet. Hierbei wurde die Feuchtigkeit der Schichten von 50—90 und von 115—155 cm aus derjenigen der sie nach Oben und Unten begrenzenden berechnet. Die gefundenen Zahlen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

| Tag der Entnahme  | Tiefe<br>cm | Wasser-<br>gehalt<br>in<br>ccm | Differenz mit der<br>vorigen Entnahme |                | Zugang<br>durch<br>Regen<br>ccm | Verlust<br>ccm | Gewinn<br>ccm |
|-------------------|-------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|---------------|
|                   |             |                                | mehr<br>ccm                           | weniger<br>ccm |                                 |                |               |
| 11. December 1876 | 0—50        | 3309                           | —                                     | —              | —                               | —              | —             |
|                   | 50—180      | 7498                           | —                                     | —              | seit d. 1. Nov.                 | —              | —             |
|                   | Im Ganzen   | 10807                          | —                                     | —              | 2072                            | —              | —             |
| 22. December 1876 | 0—50        | 3084                           | —                                     | 225            | —                               | —              | —             |
|                   | 50—180      | 8327                           | 829                                   | —              | —                               | —              | —             |
|                   | Im Ganzen   | 11411                          | 604                                   | —              | 68,2                            | —              | 53C           |
| 10. März 1877     | 0—50        | 3136                           | 52                                    | —              | —                               | —              | —             |
|                   | 50—180      | 9047                           | 720                                   | —              | —                               | —              | —             |
|                   | Im Ganzen   | 12183                          | 772                                   | —              | 2881                            | 2109           | —             |

1) Um Missverständnissen vorzubeugen, will ich bemerken, dass ich unter „Gefüge“ das gegenseitige Verhältniss der einzelnen Bodentheilchen, unter „Struktur“ dagegen die äussere Erscheinung des in natürlicher Lagerung befindlichen Bodens verstehe.

| Entnahme am 19. Mai     |             |                           |                                               |        |                                               |                | Entnahme am 29. October |                                              |        |                                              |                |
|-------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|----------------|
| Parzelle                | Tiefe<br>cm | Wassergehalt<br>in<br>ccm | Differenz mit<br>der Entnahme<br>vom 10. März |        | Zugang durch<br>Regen seit<br>10. März<br>ccm | Verlust<br>ccm | Wasser<br>in<br>ccm     | Differenz mit<br>der Entnahme<br>vom 19. Mai |        | Zugang durch<br>Regen seit<br>19. Mai<br>ccm | Verlust<br>ccm |
|                         |             |                           | mehr                                          | wenig. |                                               |                |                         | mehr                                         | wenig. |                                              |                |
|                         |             |                           | ccm                                           | ccm    |                                               |                |                         | ccm                                          | ccm    |                                              |                |
| 1.<br>Sommer-<br>rübsen | 0—50        | 2547                      | —                                             | 589    | —                                             | —              | 2682                    | 135                                          | —      | —                                            | —              |
|                         | 50—180      | 7493                      | —                                             | 1554   | —                                             | —              | 8270                    | 777                                          | —      | —                                            | —              |
|                         | Im Ganzen   | 10040                     | —                                             | 2143   | 1864                                          | 4007           | 10952                   | 912                                          | —      | 6357                                         | 5445           |
| 2.<br>Gerste            | 0—50        | 2451                      | —                                             | 685    | —                                             | —              | 2657                    | 206                                          | —      | —                                            | —              |
|                         | 50—180      | 8483                      | —                                             | 564    | —                                             | —              | 8001                    | —                                            | 482    | —                                            | —              |
|                         | Im Ganzen   | 10934                     | —                                             | 1249   | 1864                                          | 3113           | 10856                   | —                                            | 276    | 6357                                         | 6633           |
| 3.<br>Kartoffeln        | 0—50        | 2669                      | —                                             | 467    | —                                             | —              | 2665                    | —                                            | 4      | —                                            | —              |
|                         | 50—180      | 8591                      | —                                             | 456    | —                                             | —              | 7659                    | —                                            | 932    | —                                            | —              |
|                         | Im Ganzen   | 11260                     | —                                             | 923    | 1864                                          | 2787           | 10324                   | —                                            | 936    | 6357                                         | 7293           |
| 4.<br>Zuckerrüben       | 0—50        | 2604                      | —                                             | 532    | —                                             | —              | 2678                    | 74                                           | —      | —                                            | —              |
|                         | 50—180      | 8450                      | —                                             | 597    | —                                             | —              | 7048                    | —                                            | 1402   | —                                            | —              |
|                         | Im Ganzen   | 11054                     | —                                             | 1129   | 1864                                          | 2993           | 9726                    | —                                            | 1328   | 6357                                         | 7685           |
| 5.<br>Brache            | 0—50        | 2872                      | —                                             | 264    | —                                             | —              | 2749                    | —                                            | 123    | —                                            | —              |
|                         | 50—180      | 8648                      | —                                             | 399    | —                                             | —              | 8553                    | —                                            | 95     | —                                            | —              |
|                         | Im Ganzen   | 11520                     | —                                             | 663    | 1864                                          | 2527           | 11302                   | —                                            | 218    | 6357                                         | 6575           |

| Entnahme vom 26. Mai                   |           |       |                                              |        |                                       |      | Entnahme vom 31. October |                                              |        |                                       |      |
|----------------------------------------|-----------|-------|----------------------------------------------|--------|---------------------------------------|------|--------------------------|----------------------------------------------|--------|---------------------------------------|------|
|                                        |           |       | Differenz mit<br>der Entnahme<br>vom 26. Mai |        | Zugang durch<br>Regen seit<br>26. Mai |      |                          | Differenz mit<br>der Entnahme<br>vom 26. Mai |        | Zugang durch<br>Regen seit<br>26. Mai |      |
|                                        |           |       | mehr                                         | wenig. |                                       |      |                          | mehr                                         | wenig. |                                       |      |
|                                        |           |       | ccm                                          | ccm    |                                       |      |                          | ccm                                          | ccm    |                                       |      |
| 6.<br>Erbsen                           | 0—50      | 2843  | —                                            | 293    | —                                     | —    | 2932                     | 89                                           | —      | —                                     | —    |
|                                        | 50—180    | 7972  | —                                            | 1075   | —                                     | —    | 7501                     | —                                            | 471    | —                                     | —    |
|                                        | Im Ganzen | 10815 | —                                            | 1368   | 2303                                  | 3671 | 10433                    | —                                            | 382    | 6671                                  | 7053 |
| 7.<br>Hafer mit<br>Klee                | 0—50      | 2836  | —                                            | 300    | —                                     | —    | 2585                     | —                                            | 251    | —                                     | —    |
|                                        | 50—180    | 8677  | —                                            | 370    | —                                     | —    | 7133                     | —                                            | 1544   | —                                     | —    |
|                                        | Im Ganzen | 11513 | —                                            | 670    | 2303                                  | 2973 | 9718                     | —                                            | 1795   | 6671                                  | 8466 |
| 8.<br>Sommer-<br>roggen mit<br>Luzerne | 0—50      | 2764  | —                                            | 372    | —                                     | —    | 2927                     | 163                                          | —      | —                                     | —    |
|                                        | 50—180    | 8379  | —                                            | 668    | —                                     | —    | 8398                     | 20                                           | —      | —                                     | —    |
|                                        | Im Ganzen | 11143 | —                                            | 1040   | 2303                                  | 3343 | 11325                    | 183                                          | —      | 6671                                  | 6488 |

| Brachparzelle am 7. Juni |           |       |   |     |      |      | Erbsenparzelle am 7. Juni |   |                     |      |      |
|--------------------------|-----------|-------|---|-----|------|------|---------------------------|---|---------------------|------|------|
|                          | 0—50      | 3042  | — | 74  | —    | —    | 2594                      | — | 442 (seit 10. März) | —    | —    |
|                          | 50—180    | 8781  | — | 266 | —    | —    | 8054                      | — | 993                 | —    | —    |
|                          | Im Ganzen | 11823 | — | 340 | 2996 | 3336 | 10648                     | — | 1535                | 2996 | 4531 |

|           | Rübsen<br>am 20. Juni | Zuckerrüben<br>am 20. Juni | Raps<br>am 3. Juli |
|-----------|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| 0—50      | 2047                  | 2763                       | 1816               |
| 50—180    | 7807                  | 7807                       | 7240               |
| Im Ganzen | 9854                  | 10570                      | 9056               |

Weitgehende Schlüsse aus diesen Zahlen zu ziehen würde voreilig sein, weil die Versuche zu kurze Zeit durchgeführt, in ihrer Anlage aber für eine längere Reihe von Jahren berechnet sind. Interessant ist es aber doch, die Veränderungen in dem Wassergehalt zu verfolgen. Vom 11. December bis zum 10. März hat eine stetige Zunahme in den tieferen Bodenschichten stattgefunden, am letzteren Tage war das Maximum erreicht und kommt dem Regenfalle eines Jahres, der für 200 qcm 13928 ccm beträgt, nahe. Am 19. Mai war wieder (auf der Brachparzelle) eine Abnahme von 399 ccm eingetreten, und die Differenz zwischen diesem Tage und dem 5. Juni beträgt 133 zu Gunsten der letzteren Entnahme. In dieser Zeit sind gefallen 1132 ccm Regen, es gelangte also nur ein verhältnissmässig kleiner Theil in die unter 50 cm liegende Bodenschichte, trotzdem dieselbe eine Pflanzendecke nicht hatte.

Vom 19. resp. 26. Mai bis zum 29. resp. 31. October ist mit Ausnahme von 2 Parzellen (Rüben, Sommerroggen) eine Abnahme des Wassers in der Schichte von 50—180 cm bemerkbar. Diese beträgt beim Hafer mit Klee 1544, bei den Rüben 1402, Kartoffeln 932, Gerste 482, Erbsen 471 und bei der Brache 95 ccm. Den absolut niedrigsten Feuchtigkeitsgehalt zeigt diese Schichte am 29. resp. 31. October unter Rüben mit 7048 ccm, also 1999 ccm weniger als am 10. März. Dann folgt Hafer mit 7133 ccm, also ein Verlust von 1914. Auf der Brachparzelle dagegen ist nur ein Verlust von 494 ccm seit dem 10. März eingetreten. Es haben also unter Zuckerrüben und Klee immerhin erhebliche Verluste stattgefunden. In ihrer Gesamtheit besagen diese ja unleugbar fehlerhaften Zahlen doch so viel, dass das während der wärmeren Jahreszeit fallende Regenwasser bei dem hiesigen Boden die tieferen Schichten nicht bereichert, auch wenn derselbe unbedeckt ist. Es geht sogar ein Theil des über Winter gesammelten Vorrathes verloren.

Der in den Tabellen angegebene Verlust setzt sich zusammen aus dem Minus der Bodenfeuchtigkeit und den atmosphärischen Niederschlägen. Die Zahlen drücken also nicht einmal die relative Fähigkeit verschiedener Pflanzen, Wasser zu verdunsten, aus. Dies könnten sie nur dann, wenn von der Menge des in Form von Regen gebotenen Wassers auf allen Parzellen gleich viel wirklich auf oder in den Boden gelangte. Dass diese Voraussetzung aber keineswegs zutrifft, lehrt der Anblick eines dicht bestandenen Erbsen- oder Kleefeldes, bei Regenwetter. Auf diesen gelangt weit weniger Wasser in den Boden als auf einem mit gedrillten Hafer, Kartoffel oder Rüben von gleichem Alter bestandenen Acker. Erbsen und Klee halten vermöge ihrer grösseren Blattoberfläche und gleichmässig dichteren Bedeckung des Bodens viel mehr Wasser mechanisch zurück, und geben es durch Verdunstung direkt wieder an die Atmosphäre ab, als andere Pflanzen mit weniger massenhaft entwickelten Blättern. Durch künftige Versuche wird erst das diesbezügliche Verhalten verschiedener Pflanzen in verschiedenen Entwicklungsstadien zu ermitteln sein. Vielleicht lassen die dabei sich herausstellenden Resultate auch die Drillkultur in einem neuen Lichte erscheinen. Ob der Boden z. B. unter breitwürfig gesäetem Raps oder Weizen ebensoviel von der Herbst- und Winterfeuchtigkeit profitirt oder leidet als unter gedrilltem, das ist eine Frage, die mir nicht ganz unwichtig erscheint.

Wenn diese Ausführungen genügend dargethan haben, dass meine Versuche zur Lösung der Frage nach der Verdunstungsgrösse verschiedener Kulturpflanzen nichts beitragen können, so ist das ein Mangel, den zu beklagen ich als Land-

wirth keine Veranlassung habe. Derartiges sollte auch gar nicht erreicht werden. Wir können diese Arbeiten getrost den Pflanzenphysiologen überlassen; Sache dieser wird es sein, zunächst die zur ausgiebigen Produktion organischer Substanz in verschiedenen Pflanzen erforderlichen kleinsten und grössten Wassermengen durch exakte Versuche zu bestimmen. Dass zwischen diesen beiden Grenzlinien ein weiter Raum liegt, darf wohl angenommen werden, da die Pflanze wahrscheinlich ebenso Luxus treiben kann, wie das Thier. Weiter würde dann zu erforschen sein der Unterschied zwischen Pflanzen, die in natürlichem Boden wurzeln und solchen, die mit ihren Wurzeln im Wasser stehen. Aber auch die Erkenntniss aller dieser Verhältnisse, von der wir zur Zeit noch recht weit entfernt sind, kann dem ausübenden Landwirth wenig frommen. Für ihn tritt die Frage in den Vordergrund, welcher Art ist das Verhalten verschiedener Kulturpflanzen gegen die in einem Boden bis zu bestimmter Tiefe aufgespeicherten Wasservorräthe und gegen die im Laufe der Vegetationsperiode dazu kommenden atmosphärischen Niederschläge. Dieser Gesichtspunkt war bei dem Entwurf des Versuchsplanes für mich massgebend. Und wenn dieser auch erst im Vor- oder Orientirungsstadium sich befindet, so haben die bis jetzt gewonnenen Resultate doch die ursprünglich gezogenen Grenzen schon wesentlich erweitert.

Mit Bestimmtheit ist dargethan, dass gewisse Pflanzen dem Untergrund mehr Feuchtigkeit entziehen als andere, und es wird die Frage sein, ob solche Differenzen während der Zeit, in welcher der Boden unbedeckt ist, ausgeglichen werden. An diese Frage wird sich dann noch eine ganze Reihe anderer knüpfen, deren Beantwortung allmählich Licht verbreitet über viele mit unserem jetzigen Wissen nicht genügend erklärlichen Erscheinungen bei der Pflanzenkultur.

Wer beim Anblick eines recht üppigen Lupinenfeldes auf Sandboden vor heller Verwunderung nicht vergisst, nach einer Erklärung für diese Erscheinung zu suchen, der wird sehr bald vor einem unlösbaren Widerspruch stehen. Auf der einen Seite die gewaltigen Mengen von Feuchtigkeit, die ein solches Feld unzweifelhaft täglich an die Atmosphäre abgiebt, auf der andern der verhältnissmässig geringe Vorrath von Wasser, welchen ein solcher Boden ansammeln kann im Verein mit dem Umstand, dass ein grosser Theil der atmosphärischen Niederschläge direct von den Blättern wieder verdunstet wird, also gar nicht in den Boden gelangt. Neuerdings hat sich bekanntlich auf Grund eingehender Versuche (von Mayer) die Ansicht Bahn gebrochen, dass die frühere Annahme einer starken Kondensation von Wasserdampf im Boden als auf einer unlogischen Aneinanderreihung von Thatsachen beruhend unhaltbar und durchaus verwerflich ist. Dadurch erlitt die früher aufgestellte Bilanz zwischen Wasservorrath des Bodens und Wasserverbrauch der Pflanzen kläglich Schiffbruch. Womit soll nun aber in Zukunft das Deficit gedeckt werden? Das ist ein Problem, dessen erdrückende Last nur durch das Bewusstsein gemindert wird, dass die Natur in Zukunft ihr Deficit ebenso selbst decken wird, wie sie das bis jetzt gethan hat, oder besser gesagt, dass überhaupt gar kein Deficit entsteht. Diese letztere Erwägung hat denn auch zu der denkbar einfachsten Auffassung der Dinge geführt. Wollny sagt: „für das Wasserbedürfniss der Pflanzen sind die vor und während ihrer Entwicklungszeit dem Boden durch die atmosphärischen Niederschläge zugehenden Mengen vollkommen ausreichend“. Ob diese Auffassung sich immer und überall rechtfertigen lässt, kann doch bezweifelt werden. Die Reflectionen vor unserem Lupinenfelde drängen unmittelbar und unwillkürlich dazu, uns nach einer Wasserquelle ausser dem Regen

umzusehen, und in der That brauchen wir nicht lange darnach zu suchen. Die Nässe, welche man bei der Durchwanderung eines solchen Feldes zur heissesten Tageszeit bei dauernd hellem Wetter an den Füßen verspürt, giebt, sollte ich meinen, darüber Aufschluss. Diese Feuchtigkeit kann nur herrühren vom Thau, welcher also reichlich gebildet werden muss. (Auch dies hat Wollny bestätigt).

Von dem oberhalb der Erdoberfläche befindlichen Wasser können nun aber die Pflanzen einen ausgiebigen Gebrauch nicht machen, da die Aufnahme hauptsächlich durch die Wurzeln geschieht. Entweder muss also die an der Oberfläche gebildete Wassermenge eine so grosse sein, dass sie in den Boden hinein und an die Pflanzenwurzeln gelangt, oder es findet auch eine Thaubildung im Boden selbst statt. Der Annahme des letzteren Vorganges steht durchaus nichts entgegen, es spricht vielmehr Alles dafür. Thaubildung ist geknüpft an Temperaturdifferenz, und wir wissen, dass solche zwischen der Luft und dem stark beschatteten Boden in der That besteht, deshalb kann also sehr wohl auch am Tage im Boden Thaubildung stattfinden, wenn die Atmosphäre viel Wasserdampf enthält. Durch den Versuch wird die Stichhaltigkeit dieser Schlussfolgerung zu prüfen sein, wenn es auch wahrscheinlich nicht gelingt, die auf diese Weise flüssig gewordenen Wassermengen zu bestimmen. Dann wäre es aber weiter wichtig zu wissen, wie weit diese Thaubildung in den Boden hinabreicht.

In allerjüngster Zeit ist dieser Thaubildung in den tieferen Bodenschichten thatsächlich eine bis dahin wenigstens in landwirthschaftlichen Kreisen kaum geahnte Bedeutung zugesprochen worden<sup>1)</sup>. Sie soll die hauptsächlichste Ursache des Grundwassers und der Quellen sein. Eine unbedingte Zustimmung zu dieser Theorie wäre ebenso vorschnell wie eine unbedingte Verwerfung derselben deshalb, weil sie unseren bisherigen Anschauungen diametral entgegensteht. Es ist hier vorläufig nicht der Ort, näher auf die Sache einzugehen, jedenfalls scheint sie mir wichtig genug, um bei der Fortsetzung der Versuche eingehend berücksichtigt zu werden.

In inniger Wechselbeziehung zu den Wasser- stehen auch die Wärmeverhältnisse in einem Boden, Leitung, Ausstrahlung u. s. w. Eine richtige Vorstellung von diesen kann auch nur durch grössere, lange Zeit fortgesetzte Versuche erlangt werden.

So drängen sich also eine Menge durchaus noch nicht genügend beantworteter Fragen auf, deren Beantwortung den unter verschiedenen Boden- und klimatischen Verhältnissen im Gebiet des Pflanzenbaues forschenden Landwirthen ein dankbares Feld der Thätigkeit eröffnet.

Poppelsdorf im Januar 1878.

---

1) Die wissenschaftliche Lösung der Wasser- insbesondere der Quellenfrage mit Rücksicht auf die Versorgung der Städte von Dr. Otto Volger, Geologe, Obmann des freien deutschen Hochstiftes in Frankfurt a. M. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band XXI, Heft 11).





