

IV. Analyse der Bodenarten.

§. 263.

Die Fruchtbarkeit eines Bodens ist — abgesehen von klimatischen Verhältnissen — abhängig von seiner chemischen wie von seiner mechanischen und physikalischen Beschaffenheit. Die chemische Beschaffenheit ist nicht nur bedingt durch die Art und das gegenseitige Verhältniss der Bestandtheile, sondern auch durch den Löslichkeitszustand und die Bindungsweise derselben.

Soll daher eine Analyse Aufschluss über die Fruchtbarkeit eines Bodens geben, so muss sie alle obengenannten Punkte nach Möglichkeit in Betracht ziehen. Ich sage nach Möglichkeit, denn es gelingt im Laboratorium nicht, die Lösungsmittel ganz in derselben Weise einwirken zu lassen, in welcher sie in der Natur wirken; auch gestattet uns die chemisch-physikalische Untersuchung kaum, genügenden Aufschluss über die verschiedene Art der Bindung der Stoffe im Boden zu geben, welche letztere sich z. B. darin äussert, dass ein noch ganz uncultivirter Boden, obgleich er an und für sich die einer Pflanzenart nöthigen Stoffe enthält, doch deshalb noch nicht fähig ist, sie zu ernähren, während er andere Pflanzen von gleichem oder selbst grösserem stofflichen Bedürfniss schon zu ernähren vermag. Bindung der Stoffe ist somit der Widerstand, welchen der Boden der Abgabe gewisser Bestandtheile an die Pflanzen entgegengesetzt, ein Widerstand, der von manchen Pflanzen besiegt, von anderen dagegen nicht überwunden wird, und der erfahrungsmässig mit der Cultur des Bodens abnimmt*).

In dem Folgenden werde ich dem Zwecke des Werkes entsprechend die mechanische und chemische Analyse genau erörtern, in Betreff der Erforschung der wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Bodenarten aber

*) Vergl. v. Liebig, die Chemie in ihrer Anwendung auf Agriculture und Physiologie, Bd. II. S. 65 ff.

auf die besten Quellen verweisen. Ausser meinen eigenen Erfahrungen und den älteren Arbeiten Anderer benutze ich dabei namentlich auch den „Entwurf zur Bodenanalyse von E. Wolff“*).

I. Wahl und Aufnahme des Bodens.

§. 264.

Als Ackerkrume kann die oberste Schicht eines Bodens bis zu einer Tiefe von 30 Centimeter betrachtet werden; als Untergrund die darunter liegende Schicht bis zu 60 Centimeter Tiefe. Soll Ackerkrume oder Untergrund von einer bestimmten Stelle genommen werden, so gräbt man ein viereckiges Loch von etwa 30 Centimeter Quadrat mit senkrechten Seitenwänden und möglichst horizontaler Bodenfläche, und nimmt sodann von der einen Seitenwand einen senkrechten überall gleich mächtigen Abstich als Probe. In ganz entsprechender Weise wäre eine Probe des Untergrundes zu nehmen. Soll die zu analysirende Erde den mittleren Durchschnitt eines Feldes repräsentiren, so nimmt man in gleicher Weise Proben von verschiedenen Stellen und mengt dieselben gleichmässig. — Die Proben lässt man vollkommen lufttrocken werden. Im Sommer wird dies erreicht, indem man die Erde in einem flachen Kasten auf einem Speicher stehen lässt, im Winter trocknet man die Erde langsam in einem Trockenschranke bei 30° bis 50° C.

Zu einer vollständigen Bodenanalyse sind etwa 10 Pfund Erde erforderlich.

II. Mechanische Analyse.

§. 265.

1. Man wägt die ganze Menge der lufttrockenen Erde, liest zunächst etwa darin befindliche Gerölle und Steine aus, bürstet dieselben ab und wägt sie.

2. Man bringt die Erde jetzt auf ein Blechsieb mit 3 Millimeter weiten Löchern, befestigt dasselbe auf den zum Auffangen des Durchgeseihten bestimmten Siebboden und siebt, so lange etwas hindurchgeht. Zurückbleibende Knollen zerkleinert man in einer Reibschale unter mässigem Druck, am besten mittelst eines hölzernen Pistills, und siebt dann

*) Entwurf zur Bodenanalyse von Prof. Dr. Emil Wolff, begutachtet von den Mitgliedern der bei der Wanderversammlung deutscher Agriculturchemiker im Mai 1863 ernannten Commission, den Herren Dr. Bretschneider, Dr. Grouven; Prof. Dr. Knop, Dr. Peters, Dr. Stohmann und Dr. Zöller. (Landwirthschaftl. Versuchs-Stationen, 1864, Bd. VI; Zeitschr. f. analyt. Chem. 3. S. 85.)

wiede
net
giess
dense.
Zuletz
Siebes
ist Ki
Gewic
und C
abgeb
aus.
abgesp
eintro
gleich
Orte
liegen
versch
M
und zu
Z
her na
Sieb n
und da
Sand
nach d
abschl
L
Schlän
Grouv
D
der Op
dicht
ein we
höhe b
fassen
annähe
5 ist e
*)
**) I
parat zu
1.
2.
3.
Fres

wiedrum. Die abgeseibte Erde — von E. Wolff als Feinerde bezeichnet — wird wohl aufbewahrt. Man stellt das Sieb jetzt in eine Schale, giesst Wasser hinein, so dass der Inhalt des Siebes bedeckt ist, und wäscht denselben mit der Hand, bis aller Thon von den Steinchen entfernt ist. Zuletzt spült man letztere mit etwas Wasser ab, schüttet den Inhalt des Siebes in eine Schale, trocknet bei 100°C. und wägt. Das Gewogene ist Kies. Glüht man den zuvor ganz scharf getrockneten, so drückt die Gewichtsabnahme — vorausgesetzt, dass der Kies aus solchen Steinchen und Gebirgstrümmern besteht, welche beim Glühen keine Bestandtheile abgeben — die Menge der zum Kies gehörenden organischen Materien aus. Den Inhalt der Schale, in welcher die von dem Kies mit Wasser abgespülte Erde sich befindet, lässt man langsam, zuletzt bei 30 bis 50°C. eintrocknen, mischt die zurückbleibende Erde mit der trocken abgeseibten gleichförmig, lässt dieselbe einige Tage an einem dunst- und staubfreien Orte bei mittlerer Temperatur in möglichst dünner Schicht ausgebreitet liegen und bringt sie alsdann als lufttrockene Feinerde in gut zu verschliessende Gläser.

Man kennt jetzt das Verhältniss der Gerölle und Steine zum Kies und zur Feinerde.

Zur weiteren mechanischen Trennung der Feinerde wandte man früher nach Fr. Schulze's Vorschlag*) ein nochmaliges Sieben durch ein Sieb mit 0,66 Millimeter weiten Löchern an, um zuletzt die erst trocken und dann mit Hülfe von Wasser von dem zurückbleibenden grandigen Sand getrennte Erde in dem Seite 775 beschriebenen Apparate und nach der dort beschriebenen Methode in Streusand, Staubsand und feinste abschlämmbare Theilchen zu zerlegen.

Leichter aber und in kürzester Zeit lässt sich der Zweck durch blosses Schlämmen mit Hülfe des in Fig. 183 (a. f. S.) dargestellten, von Grouven und E. Wolff empfohlenen Nöbel'schen Apparates**) erreichen.

Der Wasserbehälter A hält reichlich 9 Liter; es werden zu Anfang der Operation 9 Liter Wasser in denselben gebracht. Der Hahn ist luftdicht mit einem Gummischlauch verbunden, welcher dadurch, dass man ein wenig Wasser ausfliessen lässt, mit solchem gefüllt wird. Die Druckhöhe *bc* beträgt 2 Fuss. Die vier Schlämmtrichter sind von Glas und fassen zusammen 4 Liter Wasser, die Volumina derselben verhalten sich annähernd wie

$$1 : 8 : 27 : 64 \text{ oder wie}$$

$$1^3 : 2^3 : 3^3 : 4^3.$$

5 ist ein Glasgefäss von reichlich 5 Liter Inhalt.

*) Journ. f. prakt. Chem. 47. 241.

**) Die Lühme'sche Handlung (W. J. Rohrbeck) in Berlin liefert den Apparat zu folgenden Preisen:

- | | |
|---|----------------|
| 1. die vier Schlämmtrichter, zusammen | 2 Thlr. 5 Sgr. |
| 2. dieselben mit polirtem Holzgestell | 5 " 5 " |
| 3. dieselben mit lackirtem Nachflussgefäss mit Hahn | 7 " 5 " |

Von der nach obiger Art vorbereiteten Feinerde werden 30 Grm. abgewogen und einige Stunden lang, wenn nöthig unter gelindem Zerreiben mit einem Holzpistill, mit Wasser gekocht, damit alle Bröckchen sich vollständig zertheilen. Man lässt einige Minuten ruhig stehen, giesst die über dem Bodensatz befindliche trübe Flüssigkeit grösstentheils in den

Fig. 183.



Schlämmtrichter 2, rührt den Rückstand auf und spült denselben mit möglichst wenig Wasser in den kleinsten Schlämmtrichter 1. Man verbindet jetzt 1 luftdicht mit dem Gummischlauch, fügt den Apparat rasch zusammen und öffnet den Hahn des Wasserbehälters *A* so weit, dass in 20 Minuten, wie durch vorausgehende Versuche ermittelt werden muss, genau 9 Liter ausfliessen, ohne dass es nöthig wäre, den Hahn während der Operation auf- oder zuzudrehen.

Nach Ablauf der 20 Minuten schliesst man den Hahn. Es enthalten jetzt die vier Schlämmtrichter zusammen 4 Liter Wasser, während in das Glas 5 Liter trübe Flüssigkeit abgeflossen sind. Man lässt die Erden in den Trichtern und im Gefässe 5 einige Stunden lang sich möglichst klar absetzen und spült dann — was sehr leicht durch Einblasen von Luft bei *a* bewirkt wird — die Absätze auf gewogene Filter. Da der Absatz in 5 sich häufig nicht klar abfiltriren lässt, so kann man denselben auch nach Abgiessen des überstehenden geklärten Wassers in eine Porzellanschale spülen und darin trocknen. Das Trocknen aller Absätze geschieht bei

125° C. Nach dem Wägen bestimmt man den Glühverlust*) der einzelnen mechanisch getrennten Erdbestandtheile, welche folgendermaassen zu bezeichnen sind:

- Inhalt von 1 : kleine Gebirgstrümmer, Steinchen oder — nach Schulze — grandiger Sand.
 " " 2: grober Sand.
 " " 3: feiner Sand.
 " " 4: thoniger Sand.
 " " 5: feinste Theile (thonige Substanz).

Addirt man die so ermittelten Gemengtheile, so erhält man, wenn man sie auf Procente berechnet, nicht 100, sondern weniger; der Unterschied ist gleich der in der Feinerde enthaltenen Feuchtigkeit. Eine Controle des so gefundenen Resultats liefert die in §. 266. 1. vorzunehmende directe Feuchtigkeitsbestimmung.

Die Resultate der mechanischen Analyse stellt man zweckmässig also dar:

100 Thle. bei 125° C. getrockneter Feinerde enthalten (z. B.):

	feuerbeständige Substanzen.	verbrennliche oder flüchtige Substanzen.
7,51 { Grandigen Sand	6,91	
{ Dazu gehörige organ. Substanzen etc.		0,60
30,96 { Groben Sand	30,05	
{ Dazu gehörige organ. Substanzen etc.		0,91
32,71 { Feinen Sand	31,61	
{ Dazu gehörige organ. Substanzen etc.		1,10
17,63 { Thonigen Sand	16,77	
{ Dazu gehörige organ. Substanzen etc.		0,87
11,19 { Feinste Theile	10,36	
{ Dazu gehörige organ. Substanzen etc.		0,82
100,00	95,70	4,30

- 7,16 Kies, zu 100 Thln. getrockneter Feinerde gehörend.
 2,10 Steine, zu 100 " " " "
 5,03 Feuchtigkeit, zu 100 Thln. getrockneter Feinerde gehörend (im lufttrockenen Zustande).

*) Dieser Glühverlust kann nicht ohne Weiteres als durch Verbrennen von organischen Materien bedingt angeführt werden, da der bei 125° C. getrocknete Thon beim Glühen Wasser abgibt, Kalksand Kohlensäure verliert u. s. w. Entwichene Kohlensäure lässt sich dem Rückstande meist dadurch wieder ersetzen, dass man denselben mit einer Lösung von kohlensaurem Ammon befeuchtet, damit eintrocknet und dann sehr gelinde glüht.

III. Chemische Analyse.

§. 266.

Wenn man bei der chemischen Analyse den Boden als ein Ganzes behandeln und durch die Analyse nur ermitteln wollte, welche Mengen von Kali, Kalk, Phosphorsäure, Kieselsäure, Thonerde etc. überhaupt zugegen sind, so würde man zwar rasch zum Ziele kommen, aber die Resultate gestatteten gar keinen Schluss in Betreff des Löslichkeitszustandes, in welchem sich die einzelnen Bestandtheile befinden. — Wenn man dagegen einen Boden nach und nach mit verschiedenen Lösungsmitteln behandelt, z. B. erst mit reinem Wasser, dann mit Wasser, welches Kohlensäure und Ammonsalze enthält, ferner mit Essigsäure, mit kalter Salzsäure, mit kochender Salzsäure und endlich mit concentrirter Schwefelsäure, so erhält man zwar einen gewissen Aufschluss über die Löslichkeitsverhältnisse der Bodenbestandtheile, aber es nimmt alsdann auch die Analyse eine überaus complicirte Gestalt an und erfordert einen ausserordentlichen Aufwand an Arbeit und Zeit. Da nun noch hinzukommt, dass die Kraft des Bodens, einzelne Stoffe fester zu binden als andere, dem vollständigen Ausziehen der in einem bestimmten schwachen Lösungsmittel löslichen Stoffe entgegenwirkt, so musste nothwendig eine gewisse Unsicherheit eintreten bezüglich der Art, wie die chemische Analyse eines Bodens am besten vorzunehmen sei.

Das steht fest, dass Bodenanalysen nicht vergleichbar sind, wenn sie unter Anwendung ganz verschiedener Lösungsmittel ausgeführt werden, und dass sich somit die Chemiker — sollen anders Bodenanalysen überhaupt Nutzen gewähren — verständigen müssen, die Analysen unter Anwendung ganz bestimmter Lösungsmittel vorzunehmen. Leider sind aber unsere Erfahrungen noch nicht hinreichend, um die Frage mit Sicherheit zu entscheiden, bei welcher analytischen Behandlung die Ergebnisse der Analyse die praktisch brauchbarste Form annehmen, d. h. die Form, bei welcher sie, wenn man gleichzeitig die in Betreff desselben Bodens gemachten landwirthschaftlichen Erfahrungen ins Auge fasst, zu den klarsten und sichersten Schlussfolgerungen führen, und es sind daher selbstverständlich auch die Ansichten der Chemiker in Betreff der bei der Bodenanalyse zu verwendenden Lösungsmittel noch getheilt.

Ich werde im Folgenden die Behandlungsweisen in den Vordergrund stellen, bezüglich deren Alle oder fast Alle einig sind, und welche meines Erachtens in den meisten Fällen genügen werden; dann aber kurz angeben, in welcher Weise die Analysen durch Anwendung einer grösseren Zahl von Lösungsmitteln noch weiter ausgedehnt werden können.

M
flacher
oder I
trockn
den s
Glasge
2
I
Menge
man c
die g
3
M
trockn
mit 1
chend
dass f
Salze
weiter
häufig
von d
1500
musste
verme
salzsa
Nach
Filtrat
im W
wärme
bringt
a
erde)
*)
Feiner
2. b. b
dul vor
das al

1. Bestimmung der Feuchtigkeit.

Man wägt 500 Grm. der lufttrockenen Feinerde zweckmässig in einem flachen Blechkästchen mit Deckel ab, trocknet sie bei 125°C. im Paraffin- oder Luftbade (§. 29), bestimmt die Gewichtsabnahme, wägt von der getrockneten Erde sofort 450 Grm. zur Darstellung der in 3. zu besprechenden salzsauren Lösung ab und hebt den Rest in einem fest verschlossenen Glasgefässe auf.

2. Bestimmung der Kohlensäure.

In Proben der bei 125°C. getrockneten Erde, welche je nach der Menge der Kohlensäure grösser oder kleiner zu nehmen sind, bestimmt man die Kohlensäure nach einer der in §. 139 beschriebenen Methoden; die genaueste ist die auf Seite 367 e. angegebene.

3. Bestimmung der in kalter Salzsäure löslichen Bestandtheile.

Man übergiesst die in 1. abgewogenen 450 Grm. bei 125°C. getrockneter Erde in einer geräumigen mit Glasstöpsel versehenen Flasche mit 1500 CC. concentrirter Salzsäure (von 1,15 specif. Gewicht, entsprechend 30 Proc. Chlorwasserstoff) unter Berücksichtigung des Umstandes, dass für je 2,2 Proc. Kohlensäure, welche der Boden in Form kohlensaurer Salze enthält (entsprechend 5 Grm. kohlensaurem Kalk), 50 CC. Salzsäure weiter genommen werden. Man lässt die Erde mit der Salzsäure unter häufigem Umschütteln 48 Stunden lang in Berührung und giesst sodann von der Flüssigkeit genau zwei Drittheile möglichst klar ab. Hatte man 1500 CC. Salzsäure genommen, so sind somit 1000 CC. abzugiesen; musste aber wegen Gehaltes an kohlensaurer Salzen die Salzsäuremenge vermehrt werden, so sind die $\frac{2}{3}$ danach zu berechnen. Die abgegossene salzsaure Lösung entspricht 300 Grm. bei 125°C. getrocknetem Boden. Nach dem Verdünnen mit der gleichen Menge Wasser wird filtrirt, das Filtrat — zuletzt unter Zusatz von einigen Tropfen Salpetersäure — im Wasserbade zur Trockne verdampft. Nach dem Befeuchten und Erwärmen mit Salzsäure scheidet man die Kieselsäure ab (S. 371) und bringt das Filtrat auf 1000 CC. Von dieser Lösung dienen:

a. 200 CC. (entsprechend 60 Grm. bei 125°C. getrockneter Feinerde) zur Bestimmung von Eisenoxyd*), Manganoxydul, Thon-

*) Enthält die Erde Eisenoxydul, so muss man eine besondere Portion der Feinerde mit Salzsäure ausziehen und in der Lösung das Eisenoxydul nach §. 112. 2. b. bestimmen. Zieht man, nach Umrechnung auf gleiches Erdgewicht, das Oxydul von der oben in a. gefundenen Gesamtmenge des Eisens ab, so ergibt sich das als Oxyd vorhandene Eisen.

erde, Kalk und Magnesia. Man wendet hierzu eine der in §. 161 angegebenen Methoden, bei Anwesenheit von viel Eisenoxyd namentlich die in §. 161. 2. (112) beschriebene an. Man beachte dabei, dass durch essigsaures Natron mit dem Eisenoxyd und der Thonerde auch alle Phosphorsäure gefällt wird, und dass man somit von dem geglühten und gewogenen Niederschlage deren Gewicht abziehen muss, um die Summe des Eisenoxyds und der Thonerde zu erfahren.

b. 300 CC. (entsprechend 90 Grm. bei 125° C. getrockneter Feinerde) zur Bestimmung der Schwefelsäure und der Alkalien. Man fällt zu dem Ende zunächst die erste durch in geringem Ueberschuss zuzusetzenden Chlorbaryum. Zur Bestimmung der Alkalien entfernt man den grössten Theil der freien Säure durch Abdampfen, fällt dann mit reiner Kalkmilch und verfährt überhaupt nach Seite 689, letzter Absatz. Man kann auch zunächst durch Ammon, dann durch kohlenensaures und oxalsaures Ammon fällen und Magnesia und Alkalien schliesslich nach §. 153. (18) oder (21) trennen. Diese Methode setzt aber eine sorgfältige Prüfung der Oxalsäure und des oxalsauren Ammons voraus, welche sehr häufig kalihaltig sind und in Folge dessen nach dem Glühen einen alkalisch reagierenden Rückstand hinterlassen.

c. 300 Grm. zur Bestimmung der Phosphorsäure. Bei der grossen Menge von Eisenoxyd, welche sich in der Lösung zu finden pflegt, scheidet man die meist geringe Menge Phosphorsäure zweckmässig erst nach der Seite 345 γ . angeführten Methode in Verbindung mit wenig Eisenoxyd und einem Theil der Thonerde ab und bestimmt sie alsdann in der salpetersauren Lösung des so erhaltenen Niederschlages nach Seite 333 β .

Bei sehr humusreichen Bodenarten führt das beschriebene Verfahren nicht zum Ziele, indem die grosse Menge der in Lösung befindlichen organischen Materien die Fällung der Hydrate wie auch der Phosphate des Eisenoxyds und der Thonerde beeinträchtigen. Es lassen sich nun wohl durch Abdampfen und Glühen die organischen Materien beseitigen, dann aber gehen das Eisenoxyd und die Thonerde in den sehr unangenehmen Zustand ganz schwerlöslicher basischer Salze über. Man schlägt daher in einem solchen Falle zweckmässiger folgendes Verfahren ein:

1. 300 CC. der salzsauren Lösung dienen zur Bestimmung der Schwefelsäure und der Alkalien; wesentliche Abweichungen von dem oben in b. beschriebenen Verfahren sind dabei nicht erforderlich.

2. 500 CC. werden in einer Platinschale fast zur Trockne gebracht, dann mit reiner Kalilauge bis zum starken Vorwalten versetzt. Man bringt das Ganze unter Zusatz von etwas kohlensaurem Natron und Salpeter zur Trockne, glüht bis zur Zerstörung der organischen Substanzen, weicht mit Wasser auf, giesst die Lösung in einen Kolben ab, erwärmt das in Wasser Unlösliche — nachdem man es in ein Glas- oder Porzellangefäss gebracht hat — mit Salzsäure bis zur Lösung, vereinigt schliesslich die

Wasserlösung mit der salzsauren Lösung, bringt dieselbe auf 500 CC. und bestimmt nun in 200 CC. die in a. genannten Bestandtheile, in 300 CC. aber die Phosphorsäure nach den oben genannten Methoden.

4. Bestimmung der in kalter Salzsäure unlöslichen, durch concentrirte Schwefelsäure zersetzbaren Bodenbestandtheile*).

Der in 3. beim Behandeln mit kalter Salzsäure unlöslich gebliebene Rückstand wird auf einem Filter gesammelt, bis zum Verschwinden der sauren Reaction ausgewaschen, mit dem Filter getrocknet, dann von demselben genommen. Das Filter verbrennt man, mischt die Asche mit dem Rückstand gleichmässig, bestimmt das Gewicht des Ganzen und wägt alsdann Proben von 8, von 10 und von 15 Grm. ab. Die Proben nimmt man am besten mittelst eines Teelöffels aus der Masse heraus. Man hat dabei stets zu beachten, dass ein Pulver wie das vorliegende durch Rütteln leicht ungleichförmig wird, indem der gröbere Theil mehr nach unten, der feinere mehr nach oben gelangt.

a. Die Probe von 8 Grm. glüht man bei Luftzutritt und wägt den Rückstand. Nach Berechnung vom Theil aufs Ganze erfährt man so die Gesamtmenge der in Salzsäure unlöslichen Mineralbestandtheile des Bodens.

b. Die Probe von 10 Grm. kocht man mit einer concentrirten Lösung von kohlen saurem Natron unter Zusatz von etwas Natronlauge mehrmals aus. Im Filtrate bestimmt man die Kieselsäure (§. 140). Die hier gefundene kann solche sein, welche beim Behandeln der Erde mit Salzsäure aus zersetzbaren Silicaten hydratisch abgeschieden wurde, oder solche, welche dem Thon des Bodens als Hydrat beigemischt war (S. 778. f.).

*) E. Wolff lässt der Behandlung mit Schwefelsäure eine Erschöpfung des Bodens mit kochender Salzsäure vorangehen. Da durch kochende Salzsäure durchschnittlich eine fünf- bis sechsmal grössere Menge von Alkalien und auch weit mehr Eisenoxyd und Thonerde gelöst wird, als durch die kalte Salzsäure, so genügen zur Darstellung dieser Lösung im Allgemeinen 150 Grm. des lufttrockenen Bodens. Diese werden in einem geräumigen Glaskolben mit 300 CC. concentrirter Salzsäure übergossen, die Flüssigkeit bis zum Kochen erhitzt und eine Stunde lang in mässiger Kochhitze gehalten, hierauf mit etwa einem gleichen Volumen heissen Wassers verdünnt und auf das Filter gegossen. Der Rückstand wird im Kolben dreimal mit Wasser ausgekocht, dann auf das Filter gebracht und hier noch weiter mit heissem Wasser vollständig ausgewaschen. Die Verwendung der nach Abscheidung der Kieselsäure bis auf 1000 CC. verdünnten Lösung zur Bestimmung der verschiedenen Stoffe kann auf gleiche Weise geschehen, wie bei der durch kalte Salzsäure bewirkten Lösung angegeben ist. Um jedoch für die Phosphorsäurebestimmung eine grössere Menge von Material zu gewinnen, kann man den in b. erhaltenen Ammoniakniederschlag, nach erfolgter Auflösung, der Flüssigkeit e. zusetzen. — Bei der Berechnung sind die durch kalte Salzsäure löslichen Bestandtheile von den in heisser Salzsäure gelösten abzuziehen. Die Differenzen bezeichnen die Quantitäten der einzelnen Bestandtheile, welche nicht durch kalte, wohl aber durch kochende Salzsäure ausziehbar sind.

c. Die Probe von 15 Grm. wird mit 75 Grm. concentrirter reiner Schwefelsäure übergossen und damit erwärmt, bis die überschüssige Säure beinahe verdampft ist und die Masse die Form eines trockenen Pulvers angenommen hat. Nach dem Anfeuchten mit concentrirter Salzsäure wird wiederholt mit Wasser ausgekocht und filtrirt. In der Flüssigkeit bestimmt man alsdann etwa in Lösung übergegangene Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Kalk Magnesia und Alkalien nach den in 3. angegebenen Methoden.

Der bei der Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure erhaltene Rückstand wird getrocknet (nicht geglüht), unter Zufügen der Filterasche mit einer concentrirten Lösung von kohlen-saurem Natron, welcher man etwas Natronlauge zugefügt hat, wiederholt ausgekocht und jedesmal heiss abfiltrirt. In der so erhaltenen Lösung bestimmt man die Kieselsäure (§. 140). Die hier erhaltene, nach Abzug der in 4. b. gefundenen, gehört dem Thon des Bodens an; denn es ist der Hauptsache nach der thonige Bestandtheil des Bodens, welcher der kalten Salzsäure widersteht, von Schwefelsäure aber zersetzt wird.

Der beim Auskochen mit Natronlauge und kohlen-saurem Natron gebliebene Rückstand wird mit grosser Sorgfalt andauernd ausgewaschen, getrocknet, geglüht, gewogen. Nach Berechnung des Theils aufs Ganze stellt er die Summe der in Salzsäure unlöslichen und durch Schwefelsäure unzersetzbaren Bodenbestandtheile dar.

5. Analyse der in kalter Salzsäure unlöslichen und durch Schwefelsäure unzersetzbaren Bodenbestandtheile.

Von dem in 4. c. erhaltenen unlöslichen Rückstande werden 4 bis 5 Grm. im Achatmörser aufs Feinste zerrieben und mit Wasser nach und nach vollständig abgeschlämmt. Die geschlämmte Masse wird getrocknet, schwach geglüht und gleichmässig gemengt. Etwa 3 Grm. schliesst man alsdann mit Fluorwasserstoff auf (S. 374 oder 375) und bestimmt dann die vorhandenen Basen. — Soll die Kieselsäure nicht bloss aus der Differenz, sondern direct bestimmt werden, so verfährt man mit dem Reste des geschlämmten Pulvers nach S. 372. *a*.

6. Bestimmung der in schwächeren Lösungsmitteln löslichen Bestandtheile, als Ergänzung.

Da die in der Natur auf den Boden einwirkenden Lösungsmittel von weit schwächerer Art sind, als diejenigen, welche bei der bis jetzt besprochenen Art der Analyse angewandt worden sind, so fügt man zweckmässig der Angabe der in Salzsäure löslichen Bestandtheile als Ergänzung hinzu, ein wie grosser Theil derselben schon in reinem, in kohlen-saurem und in Kohlensäure und Chlorammonium enthaltendem Wasser löslich ist.

a. Man übergiesse 500 Grm. der lufttrockenen Feinerde in einer Flasche mit soviel Wasser, dass dessen Menge — einschliesslich der im

lufttro-
tität.
24 St
genen
bei 12
mit ko
steres
Wasse
nicht f
b
theile
der lu
hande
2000 C
säure
häufig
keit,
mehrn
etwas
Trock
in der
vorhan
felsäu
diesem
ihre B
c.
man d
gleich
forsche
ren W
hande
7
F
säure,
bereits
Ulmin
gnüger
nische
fügen
Theile
dender
wachs

lufttrockenen Boden bereits enthaltenen, bei 125° C. entweichenden Quantität — 1500 CC. beträgt, schüttelt häufig und filtrirt nach dreimal 24 Stunden 750 CC. Flüssigkeit klar ab; das Filtrat wird in einer gewogenen Platinschale, zuletzt im Wasserbade, eingedampft, der Rückstand bei 125° C. getrocknet, gewogen, sodann gegläht und nach Behandlung mit kohlensaurem Ammon und schwachem Glühen wieder gewogen. Ersteres Gewicht gibt die Gesammtmenge der aus 250 Grm. Erde durch Wasser ausgezogenen Bestandtheile, letzteres deren unverbrennlichen und nicht flüchtigen Theil an.

b. Sollen die durch kohlensaures Wasser ausziehbaren Bestandtheile näher erforscht werden, so behandle man nach Wolff 2500 Grm. der lufttrockenen Feinerde unter Berücksichtigung der in ihr schon vorhandenen Feuchtigkeit mit 8000 CC. reinem Wasser und ausserdem mit 2000 CC. Wasser, welches vorher bei gewöhnlicher Temperatur mit Kohlensäure gesättigt worden ist. Man lässt in verschlossener Flasche unter häufigem Umschütteln 7 Tage lang stehen, giesst dann $\frac{3}{4}$ der Flüssigkeit, also 7500 CC., von dem Bodensatze ab und filtrirt, wenn nöthig, mehrmals durch doppelte Filter. Das klare Filtrat wird unter Zusatz von etwas Salzsäure, zuletzt auch von einigen Tropfen Salpetersäure, zur Trockne eingedampft. Nach Abscheidung der Kieselsäure bestimmt man in der Flüssigkeit, ohne eine Theilung derselben vorzunehmen, die etwa vorhandenen Spuren von Eisenoxyd und Thonerde, den Kalk, die Schwefelsäure, die Magnesia, das Kali und Natron. Die Phosphorsäure ist in diesem Anzuge meist nur in so kleiner Menge vorhanden, dass man auf ihre Bestimmung verzichten muss.

c. Das in b. beschriebene Verfahren kann man auch anwenden, wenn man die Einwirkung Chlorammonium enthaltenden Wassers oder die gleichzeitige Einwirkung von Chlorammonium und Kohlensäure erforschen will. Wolff rath, dem Wasser, beziehungsweise dem kohlensauren Wasser, soviel Chlorammonium zuzusetzen, dass auf je 1000 CC. vorhandenes Wasser 0,5 Grm. Chlorammonium kommen.

7. Bestimmung des in organischen Verbindungen enthaltenen Kohlenstoffs.

Der Kohlenstoff findet sich im Boden, ausser in Form von Kohlensäure, in organischen Substanzen und zwar grösstentheils in solchen, welche bereits durch Vermoderung und Verwesung in Humus (Ulmin, Humin, Ulmin-, Humin-, Geänsäure etc.) übergegangen sind. Man kann sich begnügen mit einer Ermittlung des Gesamtkohlenstoffs, welcher in organischen Materien enthalten ist, oder auch ergänzende Bestimmungen zufügen bezüglich des in einer Lösung von kohlensaurem Natron löslichen Theiles (Humussäuren), sowie des beim Kochen mit Kalilauge löslich werdenden Theiles (Humuskohle) und endlich der zuweilen vorkommenden wachsartigen und harzigen Substanzen.

a. Die Bestimmung des gesammten in organischen Verbindungen enthaltenen Kohlenstoffs kann ausgeführt werden durch Elementaranalyse (§. 191.) der bei 125° C. getrockneten Feinerde, wobei zu beachten, dass von der erhaltenen Kohlensäure die abzuziehen ist, welche sich in Form kohlensaurer Salze findet, — oder durch Oxydation des Kohlenstoffs mittelst Chromsäure nach dem Verfahren, welches S. 820 beschrieben und durch Abbildung des betreffenden Apparates erläutert ist. — Auf 1 Grm. organische Substanz (deren Menge sich aus dem Glühverlust schon einigermaassen beurtheilen lässt) nehme man 17 Grm. Chromsäure, 25 CC. concentrirte Schwefelsäure und etwa 14 CC. Wasser. Bei Anwesenheit kohlensaurer Salze erhitzt man die Erdprobe erst mit Wasser und etwas Schwefelsäure. Zur Absorption des Chlors, welches aus den Chlormetallen der Erde entsteht, schaltet man zwischen *c* und *f* (Fig. 180 S. 820) ein mit Eisendraht und Eisenpulver gefülltes Rohr ein. — Je 58 Thle. Kohlenstoff entsprechen nach Fr. Schulze im Durchschnitt 100 Thln. organischer Materie im Boden. Je 60 Thle. entsprechen 100 Thln. Humussubstanzen. Bestimmt man diese nach b. und c., so erfährt man die Menge der noch nicht in Humussubstanzen übergegangenen organischen Materien, indem man nach dem zuletzt angegebenen Verhältnisse berechnet, wie viel Kohlenstoff den vorhandenen Humussubstanzen entspricht, und für 58 Thle. des übrigbleibenden Kohlenstoffs 100 Thle. sonstige organische Materien in Rechnung bringt.

b. Bestimmung der Humussäuren*) (Ulmin-, Humin-, Gëinsäure). Man digerirt 10 bis 100 Grm. der lufttrockenen Erde (je nachdem die qualitative Analyse viel oder wenig Humussäuren nachgewiesen hat) bei 80 bis 90° C. einige Stunden lang mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron und filtrirt alsdann. — Das Filtrat versetzt man mit Salzsäure bis zur beginnenden schwach sauren Reaction. — Hierdurch werden die Humussäuren in Gestalt brauner Flocken abgeschieden. — Man filtrirt sie auf einem gewogenen Filter ab, wäscht aus, bis das Waschwasser anfängt sich zu färben, trocknet und wägt sie. Alsdann verbrennt man sie, zieht die Asche (nach Subtraction der Filterasche) vom erst erhaltenen Gewicht ab und bringt die Differenz als Humussäuren in Rechnung.

c. Bestimmung der sogenannten Humuskohle (Ulmin und Humin). Man kocht eine der in b. genommenen Menge gleiche Quantität Erde mit Kalilauge in einer Porzellanschale einige Stunden lang unter Ersatz des verdampfenden Wassers, verdünnt, filtrirt**) und wäscht aus. — Im Filtrat bestimmt man die Gesammtmenge der Humussäuren wie in b. — Die Differenz der in b. und c. erhaltenen Gewichte drückt die Quantität der Humussäure aus, welche beim Kochen mit Kali

*) Betreffend die Bestimmung der organischen Bestandtheile vergleiche Otto in Sprengel's Bodenkunde S. 430 ff., sowie Fr. Schulze, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 47, S. 241 ff.

**) Ist die Quantität der Humuskohle sehr bedeutend, so giesst man nur die Flüssigkeit durch das Filter, den Rückstand hingegen kocht man mit frischer Kalilauge und bringt erst dann Alles auf das Filter.

aus U
in Re
d
Will
(Heide
genau
im W
aus, b
Hälfte
det si
es mit
verdan
entfer
und v
erheb
abgez
Harz

zusta
als A
eines
Besti

Meng

nur e
Bode
kalie
in de
ergän
gehal
benet
Spitz
Arbe
über
die I
den,
säure
zerse
tiona
in A

aus Ulmin oder Humin gebildet wurde. Man pflegt sie als Humuskohle in Rechnung zu bringen*).

d. Bestimmung wachsartiger und harziger Substanzen. Will man auch diese Substanzen, welche nur in manchen Bodenarten (Heideerde, Brucherde etc.) in bemerklicher Menge vorkommen, einer genaueren Bestimmung unterwerfen, so trocknet man 100 Grm. der Erde im Wasserbade, kocht sie zu wiederholten Malen mit starkem Alkohol aus, bringt die Filtrate in einen Kolben und destillirt den Weingeist zur Hälfte ab. — Man lässt jetzt erkalten. Etwa vorhandenes Wachs scheidet sich alsdann ab. Man sammelt es auf einem gewogenen Filter, wäscht es mit kaltem Weingeist aus und bestimmt sein Gewicht. — Das Filtrat verdampft man, zuletzt unter Zusatz von Wasser, bis aller Weingeist entfernt ist, wäscht das ausgeschiedene Harz mit Wasser aus, trocknet und wägt es. — (Sind die Quantitäten des Waxes und Harzes irgend erheblich, so muss deren Summe von dem Gewichte der Humussäuren abgezogen werden, da dieselben oben in Gemeinschaft mit Wachs und Harz gewogen wurden.)

8. Bestimmung der stickstoffhaltigen Bestandtheile des Bodens.

Stickstoff kann sich im Boden in drei verschiedenen Verbindungszuständen befinden: als Salpetersäure (beziehungsweise salpetrige Säure), als Ammon und in organischen Verbindungen. Es genügt zur Kenntniss eines Bodens nicht, dessen gesammten Stickstoffgehalt zu ermitteln. Die Bestimmungen müssen sich auch auf den Verbindungszustand erstrecken.

a. Bestimmung der Salpetersäure.

Eine 1000 Grm. bei 125° C. getrockneter Feinerde entsprechende Menge lufttrockener Feinerde wird mit so viel Wasser übergossen, dass

*) In dem auf S. 864 genannten Entwurf zur Bodenanalyse von E. Wolff ist nur eine ergänzende Bestimmung bezüglich der kohlenstoffhaltigen Bestandtheile des Bodens in Aussicht genommen, nämlich die Ermittlung des in Wasser und in Alkalien löslichen Humus, und es dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen, dass diese in den meisten Fällen genügen wird. Fr. Schulze kocht zur Ausführung dieser ergänzenden Bestimmung 5 Grm. Erde mit 100 CC. einer (je nach dem Humusgehalte der Erde $\frac{1}{10}$ - bis 1procentigen) Kalilösung, giesst das Gemisch auf ein unbenetztes Filter (statt des Papiers dient ausgeglühter feinkörniger Sand, womit die Spitze des Trichters angefüllt ist) und nimmt von dem Filtrate 1 oder 2 CC. in Arbeit. Die darin enthaltene Humusmenge wird bestimmt, indem man mit einer überschüssigen Menge übermangansauren Kalis in alkalischer Lösung kocht, wobei die Humussäuren schnell und vollständig zu Kohlensäure und Wasser oxydirt werden, und nach Ansäuern mit Schwefelsäure mittelst einer titrirten Lösung von Oxalsäure bestimmt, wieviel übermangansaures Kali noch unzersetzt geblieben, — das zersetzte hat zur Oxydation der Humussäuren gedient und ist deren Menge proportional. Eine ausführliche Beschreibung des angedeuteten Verfahrens hat Fr. Schulze in Aussicht gestellt.

die Gesamtmenge desselben einschliesslich der im Boden schon vorhandenen Feuchtigkeit 1500 CC. beträgt. Unter häufigem Umschütteln lässt man 48 Stunden lang stehen, filtrirt dann durch ein trockenes Filter 1000 CC. möglichst klar ab und concentrirt dieselben durch Eindampfen auf ein kleines Volumen. Man bringt in eine Messröhre, giesst Wasser zu, bis die Flüssigkeit 40 CC. beträgt, und bestimmt in je 20 CC. (entsprechend 333,33 Grm. bei 125° C. getrockneter Feinerde) die Menge der Salpetersäure. — Da in dem Wasserauszuge organische Materien enthalten sind, so müssen solche Methoden gewählt werden, bei denen jene nicht störend einwirken. Es empfiehlt sich hierzu von älteren Methoden die Seite 427 beschriebene Schlösing'sche, von neueren namentlich das Verfahren von Fr. Schulze*).

Das letztere beruht auf folgendem neuen und eigenthümlichen Principe. Löst man Aluminium in Kalilauge, so bildet sich Thonerde-Kali unter Wasserstoffentwicklung. Die Menge des entwickelten Wasserstoffs entspricht der Menge des gelösten Aluminiums. Bringt man zu der Wasserstoff entwickelnden Mischung ein salpetersaures Salz, so erhält man weniger Wasserstoff, als man bei Abwesenheit desselben erhalten haben würde, denn ein Theil des nascirenden Wasserstoffs dient dazu, die Salpetersäure in Ammoniak überzuführen ($\text{NO}_3 + 8\text{H} = \text{NH}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$), und dieses Wasserstoffdeficit ist selbstredend proportional der in Ammoniak übergeführten Menge der Salpetersäure. Da nun letztere Umsetzung dann eine totale ist, wenn man den Process langsam verlaufen lässt, — da die Anwesenheit organischer Materien einen störenden Einfluss nicht ausübt, und eine kleine Menge Salpetersäure Veranlassung zu einem relativ grossen Deficit des Wasserstoffvolumens gibt, so sind alle Grundlagen einer im vorliegenden Falle anwendbaren Methode gegeben.

Ich beschreibe im Folgenden zunächst den dem Knop'schen Azotometer**) nachgebildeten Apparat, dann die Ausführung der Analyse.

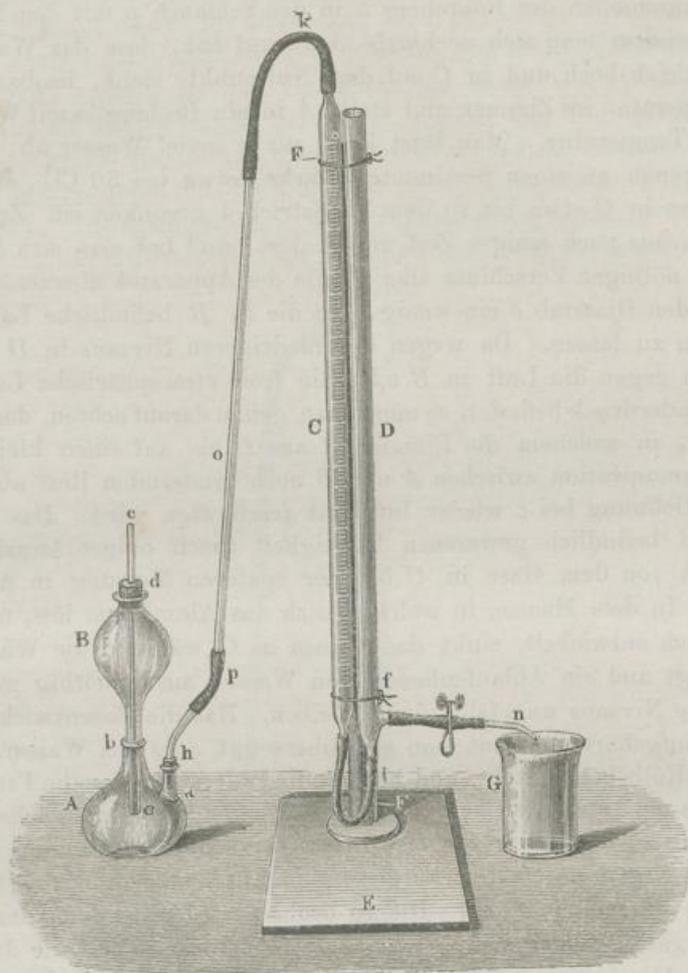
Das Stehkölbchen *A* (Fig. 184) fasst etwa 50 CC.; in seinen Hals ist das oben kugelig erweiterte Rohr *B* luftdicht eingeschliffen; der eingeschliffene Glasstab *c* schliesst die untere Oeffnung der Glasröhre vollkommen dicht; er geht durch den Kork *d* hindurch und ist so lang, dass, wenn man den gelüfteten Kork bis an das Ende des Stabes *c* emporschiebt, mittelst einer Pipette Flüssigkeit in *B* eingeführt werden kann. Zum Messen des Gases dient die in $\frac{1}{10}$ CC. eingetheilte Röhre *C*, welche durch den Kautschukschlauch *l* mit dem nicht eingetheilten gleichweiten Rohre *D* in Verbin-

*) Zeitschr. f. analyt. Chem. 2. 300.

**) Chem. Centralbl. 1863. 244. — Der ursprüngliche Knop'sche Apparat unterscheidet sich von der oben abgebildeten Modification eigentlich nur darin, dass das Rohr *D* den seitlichen Tubulus unten nicht hat. Das Entfernen von Wasser aus *D* wird durch Einsaugen desselben in eine Flasche bewerkstelligt. Die neueste Modification von Rautenberg besteht darin, dass man die Röhren *C* und *D* in einen mit Wasser gefüllten Cylinder stellt, um die Temperatur des Gases beim Messen besser reguliren und bestimmen zu können.

ung steht. An dem Tubulus *f* des letzteren ist die aus der Zeichnung ersichtliche Vorrichtung zum Ablassen von Wasser angebracht. Die obere

Fig. 184.



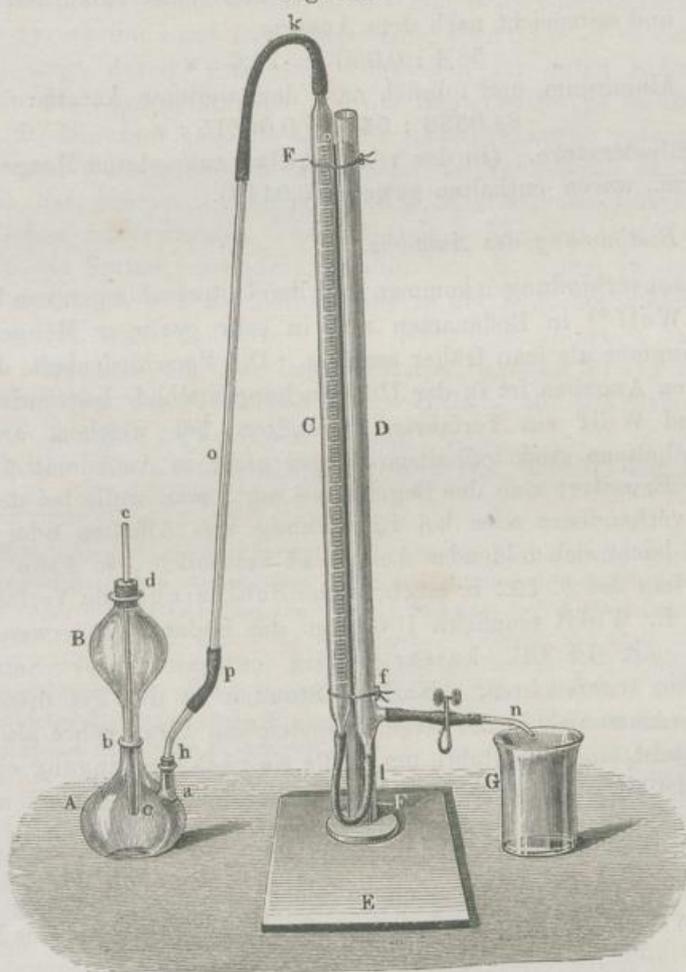
Mündung von *C* steht durch den Kautschukschlauch *k* mit einem kleinkalibriren Glasrohr und dieses durch ein kurzes Kautschukrohr mit dem Glasrohr *h* in Verbindung, welches durch einen Kork in den Tubulus *a* eingepasst ist.

Zur Ausführung einer Versuchsreihe gebraucht man eine grössere Partie Aluminiumfeile, aus welcher man mittelst eines Magneten etwaige Stahltheilchen entfernt hat. Man beginnt damit, die Gewichtsmenge Wasserstoff festzustellen, welche eine gewogene Quantität dieses Aluminiumpulvers beim Auflösen in Kalilauge liefert. Es ist dieser Vorversuch unerlässlich, weil jede Aluminiumsorte sich in dieser Hinsicht anders verhält. Man bringt, um ihn auszuführen, in *A* eine genau gewogene Menge des Aluminiumpulvers, etwa 0,075 Grm., und giesst dazu etwas Wasser.

Andererseits bringt man genau 5 CC. Kalilauge in *B* und setzt *B* auf *A* luftdicht auf. Man giesst jetzt Wasser in *D*, bis dasselbe genau an der oberen Marke in *C*, d. h. dem Nullpunkte, steht, und verbindet alsdann *A* durch Einschieben des Röhrchens *h* in den Schlauch *p* mit dem Messapparat. Nachdem man sich nochmals überzeugt hat, dass das Wasser in *C* und *D* gleich hoch und in *C* auf dem Nullpunkte steht, beobachtet man die Temperatur im Zimmer und stellt *A* in ein Becherglas mit Wasser von gleicher Temperatur. Man lässt jetzt aus *n* soviel Wasser ab, dass das Niveau genau an einer bestimmten Marke, etwa bei 30 CC., steht, und das Niveau in *C* etwa bis zu dem Theilstrich 1 gesunken ist. Zeigen sich beide Niveaus nach einiger Zeit ungeändert, und hat man sich hierdurch von dem nöthigen Verschluss aller Theile des Apparates überzeugt, so lüftet man den Glasstab *c* ein wenig, um die in *B* befindliche Lauge nach *A* fließen zu lassen. Da wegen des niedrigeren Niveaus in *D* die Luft in *A* sich gegen die Luft in *B* oder die freie atmosphärische Luft unter einem Minderdruck befindet, so muss man genau darauf achten, dass in dem Momente, in welchem die Flüssigkeit aus *B* bis auf einen kleinen, die freie Communication zwischen *A* und *B* noch hindernden Rest abgeflossen ist, die Oeffnung bei *e* wieder luftdicht geschlossen wird. Das Volumen der in *B* befindlich gewesenen Flüssigkeit (nach obiger Annahme also 5 CC.) ist von dem Gase in *C* bei der späteren Messung in Abzug zu bringen. In dem Maasse, in welchem sich das Aluminium löst, und Wasserstoff sich entwickelt, sinkt das Niveau in *C*, während die Wassersäule in *D* steigt und ein Ablaufenlassen von Wasser aus *n* nöthig macht, so dass beide Niveaus ungefähr gleich bleiben. Hat die Gasentwicklung in *A* ganz aufgehört, und hat man sich überzeugt, dass das Wasser, in welchem das Kölbchen *A* steht, und ebenso die Luft noch dieselbe Temperatur haben, als am Anfang, so bringt man das Wasser in *D* auf gleiches Niveau mit dem in *C*, damit wie vor Beginn des Versuchs die Spannung der Gase in *A* und *C* genau dem Drucke der freien Luft entspreche, und liest den Stand des Niveaus in *C* ab. Die so beobachtete Zahl minus der Anzahl CC. Flüssigkeit, welche aus *B* in *A* abgeflossen war, drückt die durch das aufgelöste Aluminium entwickelte Anzahl CC. Wasserstoffgas unter der obwaltenden Luftdruck-, Temperatur- und Wasserdampf-tensions-Einwirkung aus. — Man reducirt das abgemessene Volumen auf trockenem Zustand, 0° und 760^{mm} (§. 198), bringt für 1000 CC. des so reducirten Volumens 0,08961 Grm. in Rechnung und erfährt, indem man mit dem so gefundenen Gewicht des Wasserstoffs in das des angewandten Aluminiums dividirt, die Aequivalenz des fraglichen Aluminiumpulvers. Schulze fand diese z. B. für eine Sorte gleich 10,5042, d. h. 10,5042 Grm. Aluminium entwickelten 1 Grm. Wasserstoff (von vollkommen reinem Aluminium entwickeln 9,16 Grm. 1 Grm. Wasserstoff); da nun 8 Aeq. Wasserstoff = 8 einem Aequivalent Salpetersäure = 54 entsprechen, so entsprechen auch 8 . 10,5042 = 84,0336 Grm. des fraglichen Aluminiums 54 Grm. Salpetersäure.

Ich setze jetzt die Kenntniss der Aequivalenz des vorrätigen Aluminiumpulvers voraus und denke mir, es sollten an einem bestimmten anderen Tage mit Hilfe desselben Salpetersäurebestimmungen ausgeführt werden. Man beginnt damit, für diesen Tag (d. h. für die an diesem Tage herrschenden Temperatur- und Druckverhältnisse, von denen Constanz vorausgesetzt wird, weshalb zu den Versuchen ein Raum von gleichbleibender Temperatur zu wählen ist) zu ermitteln, wieviel CC. Wasserstoff ein bestimmtes Gewicht Aluminium, etwa 0,050 Grm., liefert. Nehmen wir den Fall, wir hätten gefunden 58,4 CC. Man bringt jetzt die auf Salpetersäure zu prüfende Flüssigkeit (20 CC. des eingedampften wässrigen Auszuges der Erde) in das Kölbchen A, fügt eine gewogene Menge Aluminiumpulver

Fig. 185.



hinzu und zwar so viel, dass auf 1 Thl. Salpetersäure mindestens 2 Thle. Aluminium kommen, richtet den Apparat her wie oben angegeben, und lässt nun Kalilauge anfangs nur tropfenweise nach A fließen. Soll nämlich

die Ueberführung der Salpetersäure in Ammoniak eine totale sein, also das Wasserstoffdeficit der Salpetersäure entsprechen, so muss der Auflösungsprocess des Aluminiums so geleitet werden, dass man mindestens 1 Stunde lang eine Wasserstoffentwicklung kaum bemerkt, und der ganze Process erst nach 3 bis 4 Stunden beendigt ist. Nachdem man sich überzeugt hat, dass Barometer- und Thermometerstand mit den anfänglichen übereinstimmen, liest man ab. Ich denke mir — einen Versuch Schulze's ins Auge fassend — es seien 0,15 Grm. des oben besprochenen Aluminiumpulvers und eine bestimmte Menge Salpeter verwendet, und 95,6 CC. Wasserstoff erhalten worden. Wie gross war die Menge der Salpetersäure? 0,15 Grm. Aluminium würden $3 \cdot 58,4 = 175,2$ CC. entwickelt haben; wir erhielten aber nur 95,6 CC., das Wasserstoffdeficit ist somit 79,6 CC. und entspricht nach dem Ansatz

$$58,4 : 0,050 = 79,6 : x$$

0,06815 Aluminium, und folglich nach dem weiteren Ansatz

$$84,0336 : 54 = 0,06815 : x$$

0,0438 Salpetersäure. (In der von Schulze zugesetzten Menge Salpeter, 0,083 Grm., waren enthalten gewesen 0,0443).

b. Bestimmung des Ammons.

Ammonverbindungen kommen nach den Untersuchungen von W. Knop und W. Wolf*) in Bodenarten nur in sehr geringer Menge vor, in weit geringerer als man früher annahm. Die Verschiedenheit der neuen und älteren Angaben ist in der Untersuchungsmethode begründet, indem Knop und Wolf ein Verfahren anwandten, bei welchem andere im Boden enthaltene stickstoffhaltige Körper nicht in Ammoniak übergehen konnten. Erweitert man den Begriff und sagt, man wolle bei der Untersuchung vorhandenes oder bei Einwirkung von Alkalien oder Kalk in der Kälte leicht sich bildendes Ammoniak bestimmen, so kann man mit gutem Erfolg das S. 192 b. beschriebene Schlösing'sche Verfahren anwenden. E. Wolff empfiehlt 100 Grm. des Bodens zu verwenden und denselben mit 75 CC. kalter völlig concentrirter Natronlauge gleichmässig anzufeuchten. Nach 48 Stunden ist das auf diese Art zu erhaltende Ammoniak in der Regel ausgetrieben. Man rühre alsdann die Masse mittelst eines Glasstabes um, stelle sie nach Einbringung einer neuen Menge titrirter Säure enthaltenden Schälchens nochmals unter die Glocke und prüfe nach ferneren 48 Stunden, ob noch eine weitere geringe Ammoniakmenge ausgetrieben worden ist. —

Will man aber nur das in einem Boden wirklich vorhandene Ammon bestimmen, so liefert nach den vorliegenden Erfahrungen nur die Methode von Knop und Wolf richtige Resultate**).

*) Chem. Centralbl. 1860. S. 540.

**) Sie beruht auf der bekannten Einwirkung überschüssiger unterchlorigsaurer Alkalien auf Ammonsalze, in Folge welcher aller Stickstoff des Ammons in Freiheit gesetzt wird.

M
Kryst
meter
messer
eine fi
abgesch
spreche
mit we
man ei
trockn
lösung
nachde
hat, w
offen
Röhren
das Ge
in ein
Arbeit
ohne
bricht
etwas
insbes
schuck
kalisch
ammon
M

*)
man st
geschüt
Thons
er der
keit be
u. 537.
stimme

**)
das Sch
verstop
platte s
hat blo
durch
das zw

***)
Wasser
mit Ch
Reiben
brauche
1 Liter
Fre

Man gebraucht, um sie auszuführen, zunächst ein Standgefäß von Krystallglas von etwa 500 CC. Inhalt, 15 Centimeter Höhe und 8 Centimeter Durchmesser. Der kurze Hals desselben habe 4,5 Centimeter Durchmesser im Lichten. Die Mündung lässt man abschleifen. Auf diese passt eine fingerdicke, auf beiden Seiten und auf dem Mantel abgedrehte und abgeschliffene Scheibe von Blei. Sie hat zwei Durchbohrungen, entsprechend den beiden Oeffnungen der zwei Mal tubulirten Kautschukkappe, mit welcher die Flasche zugebunden werden soll. In dieses Gefäß bringt man eine Menge lufttrockener Feinerde, welche 200 Grm. bei 125° C. getrockneter Erde entspricht, mischt 250 CC. einer gesättigten klaren Boraxlösung*) hinzu, legt den Bleideckel auf, stülpt die Kautschukkappe über, nachdem man in ihre beiden Tubulatoren 6 Zoll lange Glasröhren gesteckt hat, welche am oberen Ende fein ausgezogen, aber noch an beiden Seiten offen sind, sorgt durch geeignetes Umbinden für guten Schluss der Röhren in der Kautschukkappe und der Kautschukkappe selbst, stellt das Gefäß 20 Minuten lang bis über die Kautschukkappe untergetaucht in ein grösseres Wassergefäß, dessen Wasser die Temperatur der Luft im Arbeitsraum hat, schmelzt die Spitzen der ausgezogenen Röhren zu, ohne das Gefäß zu erwärmen, und schüttelt 5 Minuten lang**). Man bricht dann die Spitze eines der Glasröhren ab, wobei in der Regel etwas Luft eindringt, weil die Boraxlösung in der Erde verdichtete Gase, insbesondere Kohlensäure, absorbiert hat. Nach dem Abbinden der Kautschukkappe setzt man ein Glas in die Flasche, welches 50 CC. einer alkalischen bromirten Javelle'schen Lauge enthält, die 0,2 Grm. Chlorammonium vollständig zu zersetzen vermag***).

Man bindet die Kautschukkappe wieder fest, taucht den Apparat

*) Die Boraxlösung hat den Zweck, der Contraction entgegenzuwirken, welche man stets beobachtet, wenn Aetzalkalien enthaltende Flüssigkeiten mit Bodenarten geschüttelt werden, und deren Grund darin zu finden, dass sich die Bestandtheile des Thons mit Alkali verbinden. Der Borax wirkt dem vollständig entgegen, ohne dass er der alkalischen Flüssigkeit die ihr zum vorliegenden Zwecke nothwendige Fähigkeit benimmt, Kohlensäure sicher zurückzuhalten. (Chem. Centralbl. 1860 S. 536 u. 537.) Enthielte die Boraxsäure Spuren von Ammon, so wären diese zu bestimmen und später in Abzug zu bringen.

***) Nach Knop und Wolf kann man sich leicht die Geschicklichkeit aneignen, das Schütteln der Erde mit der Flüssigkeit so auszuführen, dass keines der Röhren verstopft wird, indem man den Inhalt der Flasche häufig vom Boden gegen die Bleiplatte schüttelt. — Die Einfügung von zwei Glasröhren in die Kautschukkappe hat bloss den Zweck, die Vorrichtung länger benutzen zu können. Ist ein Röhren durch wiederholtes Zuschmelzen und Abbrechen zu kurz geworden, so benutzt man das zweite.

****) Zur Bereitung derselben löst man 1 Thl. kohlen-saures Natron in 15 Thln. Wasser, kühlt die Flüssigkeit durch Eis ab, sättigt die stets kalt zu erhaltende völlig mit Chlor und fügt starke (25procentige) Natronlauge zu, bis die Mischung beim Reiben zwischen den Fingern die Haut sogleich schlüpfrig macht. Vor dem Gebrauche bromirt man die zu einer Versuchsreihe bestimmte Menge, indem man zu 1 Liter 2 bis 3 Grm. Brom bringt und umschüttelt.

15 Minuten lang unter das Wasser von bekannter Temperatur, schmelzt die Spitze des Röhrchens wieder zu, ohne das Gefäß zu erwärmen, schüttelt 5 Minuten lang (wobei die Lauge ausfließt und bei Anwesenheit von Ammonsalzen, also bei Entbindung von Stickgas, die Kautschukkappe sich wölbt), versenkt den Apparat wieder 15 Minuten lang in das Wassergefäß, verbindet ihn dann mit dem Schlauche *p* des richtig vorbereiteten Azotometers, bricht die Spitze des Röhrchens im Kautschukschlauch ab und bestimmt, nachdem man sich überzeugt hat, dass die Kautschukkappe wieder fest an dem Bleiring anliegt, und dass die Temperatur der Luft sich gleich geblieben, das Volumen des Stickgases. Nachdem man es auf 0° C., 760^{mm} Druck und trockenen Zustand berechnet hat, bringt man für 1000 CC. 1,25456 Grm. in Rechnung*).

c. Bestimmung des in organischen Verbindungen enthaltenen Stickstoffs.

Man bestimmt die Gesamtmenge des Stickstoffs durch Glühen einer lufttrockenen Bodenprobe mit Natronkalk (§. 187) und zieht den in Form von Salpetersäure und in Form von Ammoniak anwesenden Stickstoff ab. Der Rest ist, als in organischen Materien enthaltener Stickstoff, der nach 7. a. aus dem Kohlenstoffgehalte berechneten Menge der organischen Materien zuzuzählen.

9. Bestimmung des fester gebundenen Wassers.

Von der in 1. aufbewahrten bei 125° C. getrockneten Feinerde glüht man einige Gramm im schief liegenden Platintiegel, bis alle organischen Substanzen verbrannt sind, dann behandelt man den Rückstand mit einer concentrirten Lösung von kohlen-saurem Ammon, verdampft zur Trockne, wiederholt letztere Operation, glüht gelinde, wägt und erfährt so den Glühverlust im Ganzen. Er wird veranlasst durch das fester gebundene, bei 125° C. nicht entweichende Wasser, die organischen Substanzen und zu einem kleinen Theile auch durch die Ammonsalze und die salpetersauren Salze. Man erfährt die Menge des fester gebundenen Wassers annäherungsweise, wenn man — von der Annahme ausgehend, dass in den organischen Materien 58 Proc. Kohlenstoff enthalten sind — den gefundenen Kohlenstoff mit 1,724 multiplicirt, den Gesamtstickstoff des Bodens hinzurechnet und die Summe von dem Glühverlust abzieht (E. Wolff).

10. Bestimmung des Chlors.

Man schüttele eine 300 Grm. bei 125° C. getrockneter Feinerde entsprechende Menge lufttrockener Feinerde mit 900 CC. Wasser wiederholt.

*) Bei kleinen Gasmengen genügt in der Regel die Correction für die Temperatur, indem die für Tension des Wasserdampfes und abweichenden Barometerstand dann auf die anzuführende Zahl kaum von Einfluss ist.

Nach 48 Stunden filtrire man 450 CC. ab, dampfe auf 200 CC. ein und fälle mit Silberlösung (§. 141).

11. Bestimmung des nicht oxydirten Schwefels.

Häufig enthalten Bodenarten geringe Mengen nicht oxydirten Schwefels, wohl grösstentheils in Form von Schwefelmetallen (Schwefelkies). Man erkennt dies leicht, wenn man eine Bestimmung der Schwefelsäure im nicht ausgeglühten Boden ausführt und sie dann wiederholt, nachdem man die zu verwendende Bodenprobe zuvor ausgeglüht hat. Die Menge der Schwefelsäure wird alsdann beim letzteren Verfahren meist höher gefunden (E. Wolff). Soll die Menge des unoxydirten Schwefels bestimmt werden, so befeuchte man 50 Grm. der lufttrockenen Feinerde in einer Platinschale mit einer concentrirten Lösung von reinem Salpeter, lasse eintrocknen und erhitze allmählich zum Glühen. Es findet unter Verglimmen vollständige Oxydation der organischen Stoffe statt. Nach dem Erkalten weicht man mit Wasser auf, erhitzt in einer Porzellanschale mit Salzsäure unter Zusatz von etwas Salpetersäure, filtrirt, scheidet die Kieselsäure ab, bestimmt die Schwefelsäure und zieht von der gefundenen die in §. 266. 3. gefundene Menge ab. Der Rest entspricht dem im Boden enthaltenen nicht oxydirten Schwefel.

12. Reaction des Bodens.

Als ergänzende Bemerkung ist schliesslich anzugeben, welche Reaction der Boden hat. Man legt, um dies zu ermitteln, ein mässig feuchtes Klümpchen des frischen Bodens auf empfindliches Reagenspapier, oder man übersättigt eine Portion frischer Erde in einem Trichter mit Wasser und prüft die erst ablaufenden Tropfen. Reagirt die Erde sauer, so ist zu beobachten, ob die gerötheten Stellen des blauen Lackmuspapiers ihre rothe Farbe behalten oder wieder verlieren. Letzteres wird der Fall sein, wenn die saure Reaction nur durch freie Kohlensäure bedingt ist.

13. Darstellung der Resultate.

Die Resultate der chemischen Untersuchung müssen zweckmässig dargestellt werden, wenn sie ein klares Bild von der Zusammensetzung der Erde geben sollen. Ich glaube, dass das folgende Schema den Zweck möglichst gut wird erreichen lassen. Die Zahlen sind nur so weit beispielsweise mitgetheilt, als es zum Verständniss erforderlich. Sie sind willkürlich, correspondiren aber thunlichst mit denen, welche bei der Darstellung des Resultates der mechanischen Analyse beispielsweise angenommen worden sind.

100 Thle. bei 125° C. getrockneter Feinerde enthalten:

95,70 feuer- beständige Stoffe . . .	in kalter Salzsäure löslich:	Kalk	1,80		
		Magnesia			
		Kali			
		Natron			
		Eisenoxyd			
		Phosphorsäure			
		Kohlensäure			
		etc.			
	durch concentrirte Schwefelsäure auf- schliessbar:	Thonerde	12,00		
		Kieselsäure			
		Kali			
		etc.			
	durch Säuren unzersetz- bar:	Thonerde			
		Kieselsäure			
		etc.			
			Stickstoff- gehalt	Kohlenstoff- gehalt	
4,30 verbrenn- liche, in Glüh- hitze zersetz- bare od. flüch- tige Stoffe . .	Ammoniak	0,016	—	0,02	
	Salpetersäure	0,036	—	0,14	
	Humussäuren	—	1,20	2,00	
	Humuskohle	—	0,20	0,33	
	Sonstige organische Sub- stanzen	0,050	0,58	1,00	
	Chemisch gebundenes Wasser und Verlust	—	—	0,50	
	Summe	0,102	1,98	100,00	

7,16 Kies zu 100 Thln. getrockneter Feinerde gehörig;

2,10 Steine zu 100 Thln. getrockneter Feinerde gehörig;

5,03 Feuchtigkeit zu 100 Thln. getrockneter Feinerde gehörig (in Luft-trockenem Zustande).

Hier haben endlich die ergänzenden Angaben zu folgen, betreffend die in schwachen Lösungsmitteln löslichen Bestandtheile, Reaction etc.

Die Resultate der mechanischen und chemischen Analyse der Acker-erde müssen nothwendig ergänzt werden durch Feststellung der wichtig-
sten physikalischen Verhältnisse der Erde. Zu den früher allein ins Auge
gefassten (wirkliches und scheinbares specifisches Gewicht, wasserhaltende
Kraft etc. etc.) wird man von jetzt an auch eine Bestimmung der Fähig-
keit der Erden hinzufügen müssen, gewisse wichtige Pflanzennahrungs-
stoffe ihrer Wasserlösung zu entziehen, namentlich Ammoniak, gelöste
Kieselsäure, Kalisalze, phosphorsaure Salze etc. — Ich begnüge mich

hier,
Bele
Boden
Bestin
v. Li
zusam
Eigen
Entw

*
**

hier, auf diesen Gegenstand aufmerksam gemacht zu haben. Ausführliche Belehrungen über die Untersuchung der physikalischen Verhältnisse des Bodens liefern Schübler*) und Fr. Schulze**). Die Versuche zur Bestimmung der Fähigkeit Stoffe zu absorbiren, können nach der von v. Liebig***) angegebenen Methode ausgeführt werden. — Eine Alles zusammenfassende Belehrung bezüglich der Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Bodenarten enthält der S. 864 erwähnte Wolff'sche Entwurf.

*) Grundsätze der Agricultur-Chemie Thl. II.

***) Journ. f. prakt. Chem. Bd. 47, S. 241.

****) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 105, S. 113.