

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften
zu München.

Jahrgang 1868. Band I.

1868, 1

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1868.

In Commission bei G. Franz.

1566

144 D

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 4. Januar 1868.

Herr Vogel gibt:

„Einige Bemerkungen über das Verhältniss der Infusorienerde zur Vegetation.“

Seit Ehrenberg's berühmter Arbeit über das merkwürdige Lüneburger Kieselerdelager ist die Infusorienerde das Material mannichfacher wissenschaftlicher und technischer Untersuchungen geworden. Da die chemische Analyse in dieser Erde einen grossen Gehalt amorpher Kieselerde ergeben hat, so wird sie mit Vorthail zur Darstellung von Wasserglas, wie überhaupt der verschiedensten Kieselsäurepräparate verwendet. Obgleich von einer Ernährungsfähigkeit dieser Infusorienerde für den Organismus im eigentlichen Sinne des Wortes selbstverständlich keine Rede sein kann, so ist sie doch merkwürdigerweise schon wiederholt als Nahrungsmittel benützt worden. Nach Berzelius und Retzius¹⁾ isst das schwedische Landvolk im hohen Norden jährlich hunderte von Wagenladungen der Infusorienerde, mehr aus Liebhaberei als aus Noth. In Finnland wird hier und da Infusorienerde zum Brode gemischt. Die Schalen der Infusorien sind so zart, dass die Zähne beim Beissen nichts davon gewahr werden. Auch während des dreissigjährigen Krieges wurde die Lüneburger Erde im Dessauischen bei Kliekau gegessen; ebenso in den Jahren 1719 und 1733 in der Festung Wittenberg. Sie dient ferner als Putz und Polirmittel, jedoch nicht auf Gold und Silber, wie Versuche gezeigt haben²⁾, wohl aber auf Kupfer und Messing, wo sie den sogenannten »Wiener Graustein« vollkommen zu ersetzen im Stande ist.

1) Humboldt, *Ansichten der Natur.* S. 238.

2) *Annalen der Chem. u. Pharm.* B. 19. S. 293.

Weniger als in diesen Richtungen ist die Infusorienerde in ihrer Beziehung zur Vegetation Gegenstand der Untersuchung geworden.

Im Anschluss an meine Arbeit über die Aufnahme der Kieselerde durch Vegetabilien³⁾ habe ich einige Versuche ausgeführt, welche die Bedeutung der Infusorienerde in dieser Hinsicht nachzuweisen beabsichtigen.

Ehrenberg hat schon gezeigt, dass das Infusorienlager keineswegs die Culturlosigkeit des Bodens bedinge, ebenso wenig als der Sand. Es stehen auf dem Infusorienlager schöne starke Laub- und Nadelholzbäume als ganze Wäldchen, während ein anderer Theil mit dürrer Haide bedeckt ist. Da nun gerade der quellenreiche Theil öde, der dürrer aber bewaldet ist, so wirken offenbar ganz andere von der Natur der Infusorienerde unabhängige Verhältnisse auf die allgemeine Unfruchtbarkeit jenes Bodens ein.

Die physikalischen Eigenschaften einer Erde sind bekanntlich sehr wichtige Faktoren für die Beurtheilung ihres Verhältnisses zur Vegetation. Er schien mir daher von Interesse, die Infusorienerde in dieser Richtung zunächst zum Gegenstande ausführlicher Versuche zu machen, um so mehr, als eine derartige Untersuchung der Erde meines Wissens wenigstens, bis jetzt noch nicht vorgenommen worden ist.

Unter den physikalischen Eigenschaften ist es vorzugsweise das Verhalten einer Erde zum Wasser, welches in ihrer Beurtheilung als Ackerboden von besonderer Bedeutung erscheint. Hierbei kommen namentlich folgende Verhältnisse in Betracht:

1. die Wasserabsorptionskraft,
2. das Wasseraufsaugungsvermögen (Capillaranziehung),
3. die Wasserabsorption aus feuchter Luft,
4. die Verdunstung der Feuchtigkeit.

3) Von der kgl. Akademie d. W. in Berlin gekrönte Preisschrift. München, Pössnbacher 1866.

Die Infusorienerde wurde in Betreff jeder der 4 Momente besonders untersucht, hierin im Allgemeinen der von Th. v. Gohren⁴⁾ vortrefflichen Anleitung folgend.

1.

Zur Bestimmung der Wasserabsorptionskraft bediente ich mich viereckiger Zinkkästen von 17 Centimeter Höhe und 3 Centimeter im quadratförmigen Durchmesser, deren siebförmiger mit feinen Löchern versehener Boden abgenommen werden kann. Zur Vornahme des Absorptionsversuches bedeckt man den siebförmigen Boden mit einem befeuchteten Stücke Leinwand und bestimmt das Gewicht des Apparates. Ich füllte hierauf das gewogene Kästchen nach und nach mit Infusorienerde, welche vorher bei 100° C. getrocknet worden, indem durch wiederholtes Aufklopfen eine möglichst gleichmässige Einlagerung erzielt wurde. Der Blechkasten fasst durchschnittlich 175 bis 200 grm. trockner Erde. Nach dem vorsichtigen Füllen in angegebener Weise wird der Apparat wieder gewogen und nun mit seinem siebförmigen Boden freistehend in ein Gefäss mit Wasser gebracht, so dass der Boden 3 bis 4 Millimeter unter dem Wasserspiegel sich befindet. Man lässt die Einwirkung so lange fort dauern, bis dass die Oberfläche der Erde feucht erscheint, was man an der Veränderung der Farbe erkennt. Die Absorption wird als vollendet betrachtet, wenn nach wiederholtem Einstellen des Apparates in Wasser mehrmalige Wägungen nur ganz geringe Gewichts διαφοrenzen zeigen. Die Menge des in solcher Weise von der Infusorienerde absorbirten Wassers ergab sich nach 4 Versuchen in Procenten wie folgt:

I. 91, 2. II. 90, 8. III. 90, 2. IV. 94, 1.

Die Wasserabsorptionskraft der Infusorienerde beträgt im Mittel dieser 4 Versuche 91, 6, d. h. 100 Theile Infu-

4) Prag, 1867.

sorienerde absorbiren 91, 6 Theile Wasser. Diese für die Wasserabsorptionskraft der Infusorienerde gefundene Zahl erscheint überaus hoch, wenn man mit derselben die für einige andere Erden nach der eingeschlagenen Methode erhaltenen Zahlen vergleicht. Es folgen hier die Resultate einiger anderer Beobachtungen in dieser Richtung.

	Wasserabsorption in proc.
a. Gartenerde, von schwarzer Farbe, humusreich, vorwaltend kalkhaltig	64, 2
b. Moorboden (Wiesenmoor)	50, 1
c. Torferde	80, 9
d. Ackererde, Thonboden von gelb- licher Farbe	39, 1
e. Alm, Unterlage von Torf	43, 7
f. Meersand, ungepulvert	24.

Die grosse Wasserabsorptionskraft der Infusorienerde findet ihre Bestätigung in der höchst interessanten Mittheilung Ehrenberg's⁵⁾, welcher in einem sehr trockenen Jahrgange (August 1843) einen Fuss unter dürrer Haidedecke herausgenommene Proben der Infusorienerde in so feuchtem Zustande antraf, dass sie sich „wie ein Schwamm ausdrücken liess“. Die ungewöhnlich grosse Wasserabsorptionskraft der amorphen Kieselerde ist übrigens auch schon in weit früherer Zeit Gegenstand der Beobachtung geworden. Brewster berichtet es als eine auffallende Thatsache in seiner Arbeit über Tabasheer⁶⁾, dass derselbe einige Zeit in's Wasser gelegt 112 proc. Wasser aufzunehmen im Stande sei.

2.

Mit der Wasserabsorptionskraft, wie sie soeben dargethan, hängt sehr nahe zusammen das Wasseraufsaugungsvermögen der Infusorienerde durch Capillaranziehung. Zu die-

5) Schweiger's Journal. B. 29. S. 424.

6) Leonhard's Jahrbuch für Mineralogie 1867. S. 302.

sen Bestimmungen bediente ich mich mehrerer Glasröhren von 75 Centimeter Durchmesser, ihrer ganzen Länge nach in $\frac{1}{10}$ Centimeter eingetheilt. Diese Röhren werden am unteren Ende mit feiner Leinwand durch Ueberschieben von Messingringen geschlossen und mit der zu untersuchenden Erde unter gelindem Aufklopfen gefüllt. Man befestigt nun das Rohr in der Art in einem Retortenhalter, dass das untere Ende 3 bis 4 Millimeter in ein Gefäss mit Wasser taucht. Vermöge der Capillarattraction steigt das Wasser in die Höhe und man liest nun ab, bis auf welchen Punkt das Wasser in einer bestimmten Zeit aufgestiegen. Ich habe für diese Untersuchungen durchgehends den Zeitabschnitt von 30 Minuten angenommen und zum Vergleiche noch einige andere Erden der Beobachtung unterstellt.

	Wasserhöhe nach 30 Minuten.
a. Infusorienerde	10 Centimeter.
b. Gartenerde	14 „
c. Ackererde	17 „
d. Meersand	6 „
e. Alm	8 „

Man erkennt hieraus das Wasseraufsaugungsvermögen der Infusorienerde durch Capillaranziehung als ein sehr bedeutendes und es findet hierin die schon von Ehrenberg ausgesprochene Ansicht, dass die Infusorienerde im Stande ist, Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche zu ziehen und sogar Quellen zu bilden, experimentelle Begründung.

Dieselben graduirten Rohre sind auch benützt worden, um zu untersuchen, bis zu welcher Tiefe und in welcher Zeit eine Wassersäule von bestimmter Höhe in die Erde eindringt. Als Zeitabschnitt ist hier der Zeitraum von 10 Minuten, die Höhe der Wassersäule zu 5 Centimeter angenommen worden. Nach zahlreichen mit der Infusorienerde in dieser Beziehung vorgenommenen Versuchen beträgt die Eindringungstiefe in 10 Minuten durchschnittlich 8,5 Centimeter.

Es wurde nun jedesmal auf die befeuchtete Erde von neuem eine Wassersäule von 5 Centimeter gebracht. Bis zu ihrem vollständigen Eindringen verflossen durchschnittlich 27 Minuten. Diese Versuche zeigen, dass die Infusorienerde im trocknen Zustande das Wasser in einer Schnelligkeit von 0,5 Centimeter per Minute eindringen lässt, dass aber wenn die Erde einmal befeuchtet ist, sie dem Eindringen des Wassers einen bedeutenden Widerstand entgegensetzt, indem die Eindringungsgeschwindigkeit von 0,5 Centimeter auf 0,2 Centimeter per Minute herabgesunken erscheint. Es ist daher ganz richtig, wenn Ehrenberg angibt, »dass das Infusorienlager das Wasser der Oberfläche nicht durchlasse, scheint nur bedingungsweise begründet«. Was endlich die Tiefe des Wassereindringens in den Boden betrifft, so ergibt sich aus diesen Versuchen, dass die Wassersäule von 10 Centimetern in 37 Minuten in eine Tiefe von 15 Centimetern einzudringen vermöge.

Zum Vergleiche sind diese Versuche auch mit dem natürlichen Meersande ausgeführt worden. Als durchschnittliches Resultat ergab sich hier, die Eindringungstiefe in 10 Minuten zu 12 Centimetern, die Eindringungsgeschwindigkeit beträgt daher 1,2 Centimeter per Minute.

3.

(Wasserabsorption aus feuchter Luft.)

Die Wasserabsorption der Infusorienerde aus feuchter Luft ist in der Art bestimmt worden, dass dieselbe in Uhrgläsern von 40 Millimeter Oberfläche unter eine mit Wasser gesperrte Glasglocke gestellt wurde. Die Gewichtszunahme ergab sich in 4 Wochen bei einer Durchschnittstemperatur von 16° C. zu 12 proc. Ein gleichzeitiger Versuch dieser Art mit Gartenerde und Ackererde angestellt ergab sich für erstere eine Zunahme von 8,1 proc., für letztere eine Zunahme von 4,4 proc. an Gewicht. Die verhältnissmässig grosse Wasseraufnahme der Infusorienerde aus feuchter Luft,

wie sie sich hier ergeben, bestätigt die von mir schon durch frühere Versuche nachgewiesene Thatsache, dass die Kieselerde, namentlich in frisch geglühtem Zustande, eine sehr hyproskopische Substanz ist. Lässt man Kieselerde, wie dies häufig bei Analysen von Mineralien vorkömmt, in ein Filtrum gewickelt an der Luft liegen, so zeigt sie schon nach wenigen Stunden eine sehr bemerkbare Gewichtszunahme.

4.

Zur Bestimmung der Verdunstung von Feuchtigkeit wurde die Infusorienerde in einen Zinkkasten von 10 □" Oberfläche und 2,5" Tiefe im benetzten Zustande gebracht. Die gleichmässige Benetzung war in der Art hergestellt, dass man die Erde in den oben beschriebenen Zinkkästen mit durchlöchertem Boden von unten auf mit Wasser hatte vollsaugen lassen. Nach dem Wägen standen die Kästen während 8 Tagen im Zimmer bei einer Durchschnittstemperatur von 16° C. Als Hauptresultat einer grösseren Versuchsreihe in dieser Richtung will ich nur hervorheben, dass das Wasserverdampfungsvermögen der Infusorienerde zu dem des Quarzsandes in dem Verhältniss von 100 : 108 steht, d. h. der Quarzsand gibt in derselben Zeit mehr Wasser ab, als die Infusorienerde, oder der Quarzsand erreicht in einem gegebenen Zeitraume ohne Befeuchtung von aussen einen Zustand grösserer Trockenheit, als die Infusorienerde. Zum Vergleiche waren in derselben Weise Ackererde, ein sogenannter fetter Thonboden und Gartenerde, ein lockerer Kalkboden, untersucht worden. Das Wasserverdampfungsvermögen des Thonbodens = 100 gesetzt, ergab sich das des Kalkbodens zu 115. Man erkennt, dass in diesen Verhältnissen, welche bisher weniger als andere Berücksichtigung fanden, nicht unwesentliche Faktoren der Fruchtbarkeit eines Bodens liegen.

Diesen Versuchen über das Verhalten der Infusorienerde

zum Wasser, schliessen sich einige Beobachtungen über das Wärmeleitungsvermögen derselben an.

Um die Wärmezurückhaltende Kraft der Infusorienerde zu bestimmen, erwärmte ich die bei 100° C. getrocknete Erde in Glasgefässen von 5 Centimeter Durchmesser und 8 Centimeter Tiefe künstlich auf 50° C., d. h. bis ein Thermometer im Mittelpunkte des Gefässes genau 50° C. zeigte und beobachtete, bis dass die Erde wieder auf 20° C. abgekühlt war. Um den Temperaturgrad von 50° C. als Ausgangspunkt der Beobachtung mit möglichster Genauigkeit festzustellen, geschah die Erwärmung der Erde bis ungefähr auf 60° C.; sobald der in dem Mittelpunkte des mit Erde gefüllten Gefässes befindliche Thermometer 50° C. zeigte, begann die Beobachtung in verschiedenen Zeitabschnitten. Da die durch die folgenden Beobachtungen gewonnenen Zahlen an und für sich einzelnstehend natürlich von keiner Bedeutung sein können, so wurden gleichzeitig in derselben Weise verschiedene Repräsentanten einzelner Bodenarten auf ihre Wärme zurückhaltende Kraft untersucht. Ausser der Infusorienerde dienten zu dieser Art der Untersuchung:

- 1) Meersand;
- 2) Alm; a) locker, b) gepresst;
- 3) Schleissheimer Strassenkoth;
- 4) Thonboden aus Steyermark;
- 5) Moorerde.

Zeitdauer der Abkühlung von 50° R. auf 20° R. in
Minuten.

A. Infusorienerde	40	Minuten
B. Meersand	36,5	„
C. Alm a) locker	32,25	„
„ b) gepresst	36,5	„
D. Schleissheimer Strassenkoth	40,75	„
E. Thonboden	54	„
F. Moorboden	58,5	„

Aus den mitgetheilten Versuchszahlen ergibt sich, dass die Infusorienerde ein schlechterer Wärmeleiter ist, als die krystallisirte Kieselerde, den fruchtbaren Thonboden aber in dieser Beziehung nicht erreicht. Da indess, wie Versuch F zeigt, ein steriler Moorboden die Wärme länger, als andere fruchtbare Erde zurückzuhalten im Stande ist, so dürfte dieser Faktor überhaupt nur als von sekundärer Bedeutung für die Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Bodens im Allgemeinen betrachtet werden können.

Ich erwähne nebenbei hier noch einer Versuchsreihe über die Temperaturabnahme verschiedener Samen, welche bei Gelegenheit der eben erwähnten Versuche ausgeführt worden ist. Die nachbenannten Samen: Hanfsamen, Hafer, Gerste, Weizen, Klee und Roggen wurden in derselben Weise, wie diess bei den Erden näher beschrieben ist, auf 50° R. erwärmt und sodann die Zeit notirt, welche zu ihrer Wiedererkaltung von 50° auf 20° R. erforderlich war.

Zeitdauer der Abkühlung von 50° auf 20° R. in Minuten.

	Hanfsamen.	Hafer.	Gerste.	Weizen.	Klee.	Roggen.
Von 50° auf 40°	9	9	$9\frac{1}{2}$	$10\frac{3}{4}$	$11\frac{1}{2}$	11
„ 40° „ 30°	12	$12\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{2}$	$14\frac{3}{4}$	$15\frac{1}{4}$	$17\frac{1}{2}$
„ 30° „ 20°	$22\frac{1}{2}$	24	24	$26\frac{1}{2}$	27	28
	$43\frac{1}{2}$	$45\frac{1}{2}$	47	52	$53\frac{3}{4}$	$56\frac{1}{2}$

Setzen wir die für den Roggen erhaltene Zahl (56) = 100, so ergibt sich das Wärmeleitungsvermögen der verschiedenen hier untersuchten Samen in folgenden Zahlen:

Roggen.	Klee.	Weizen.	Gerste.	Hafer.	Hanfsamen.
100	94,6	93	84	80	77

Die wiederholt ausgeführte chemische Analyse der zu meinen Versuchen verwendeten Sorte von Infusorienerde hat keine von früheren Analysenresultaten wesentlich abweichende Ergebnisse geliefert, weshalb es unnöthig erscheint, auf die Einzelheiten speciell hier näher einzugehen. Der Kiesel-

erdegehalt beträgt durchschnittlich gegen 80 Procent. Der Gehalt an kohlensaurem Kalk und Eisenoxyd wurde sehr übereinstimmend zu 7 bis 8 Procent gefunden.

Die bei 100° C. getrocknete Erde gab beim stärkeren Erhitzen 6 bis 8 Proc. Wasser ab.

Mit Salzsäure entsteht ein schwaches Aufbrausen und beim Erwärmen der Infusorienerde mit dieser Säure findet eine theilweise Lösung statt. Nach dem Abkühlen gelatinirt die mit Salzsäure behandelte Infusorienerde.

Als eigenthümliche Reaktion ist hervorzuheben, dass die Infusorienerde schwach alkalisch reagirt. Diess erklärt sich zunächst aus dem Gehalte von kohlensaurem Kalk und dem spurenweise wechselnden Vorkommen von Alkalien in der Infusorienerde. Die Erscheinung ist um so weniger auffallend, als nach Kenogott's Versuchen ⁷⁾ eine grosse Reihe kieselerdehaltiger Mineralien, wie Natrolith, Vesuvian u. a. dieselbe Reaktion zeigen.

Bringt man die bei 100° C. getrocknete Infusorienerde auf befeuchtetes, schwach geröthetes Lakmuspapier, so entsteht ein deutlich blauer Fleck. Schüttelt man durch Essigsäure schwach geröthete Lakmustinktur mit Infusorienerde, so verschwindet die rothe Farbe. Diese alkalische Reaktion tritt noch auffallender hervor mit der vorher geglühten Erde; sie scheint hiernach, wie schon bemerkt, mit dem Gehalte an kohlensaurem Kalk, welcher durch Glühen kaustisch geworden, zusammenhängen. Ein vergleichender Versuch mit gepulvertem und geglühtem Quarzsand zeigte vollkommen neutrale Reaktion.

Vor dem Gebläse auf Platindraht ist die Erde in kleinen Portionen schmelzbar, in grösseren Mengen im Platintiegel der Weissglühhitze ausgesetzt, findet Zusammensintern statt.

7) Leonhard's Jahrbuch für Mineralogie 1867. S. 302.

Unter den zahlreichen Versuchen über die Löslichkeitsverhältnisse der Infusorienerde in verschiedenen Lösungsmitteln will ich nur deren Löslichkeit in Ammoniak hervorheben. Zu dem Ende wurden 100 Gramm getrockneter Erde in einer Flasche mit $\frac{1}{2}$ Liter Ammoniak von 0,917 specifischem Gewichte übergossen und wiederholt geschüttelt. Nach vier Wochen Stehen ergab die vorsichtige Verdampfung der filtrirten klaren Flüssigkeit das Löslichkeitsverhältniss von 1 : 200. Es wird somit, da die Löslichkeit der Infusorienerde in destillirtem Wasser durchschnittlich in dem Verhältnisse von 1 : 500 steht, durch einen Ammoniakgehalt des Bodens die Lösbarkeit wesentlich vermehrt.

Die Behandlung grösserer Mengen Infusorienerde mit kochendem Alkohol und Abrauchen der filtrirten alkoholischen Lösung bis zur Trockne hat durchaus keinen Jodgehalt wahrnehmen lassen. Dagegen zeigten sich in einzelnen Theilen der zur Untersuchung verwendeten Erde hin und wieder Spuren von Flusssäure. Ich habe zu dieser Untersuchung die von Professor v. Kobell eingeführte vortreffliche Methode der qualitativen Flusssäurebestimmung angewendet, welche besonders zur Auffindung geringer Spuren von Flusssäure bei oftmals wiederholten Untersuchungen dieser Art sich als besonders geeignet erwiesen hat. Man bringt nach der erwähnten Methode die auf Flusssäure zu untersuchende Probe mit concentrirter Schwefelsäure benetzt in einen Platintiegel mit wohlanschliessendem Platindeckel. In der Mitte dieses Deckels befindet sich eine kleine, runde Oeffnung oder ein länglicher, feiner Einschnitt, welcher mit einer Glasplatte oder einem Glasstreifen von entsprechender Grösse bedeckt wird. Beim schwachen Erwärmen des Platintiegels werden nun die entweichenden Flusssäuredämpfe auf den die Oeffnung deckenden Theil der Glasplatte concentrirt, so dass auf solche Weise die geringsten Spuren von vorhandener Flusssäure entdeckt werden können.

Zur Bestimmung des Absorptionscoëfficienten der Infusorienerde für die wichtigsten Pflanzennährstoffe wurden je 100 Grm. Erde mit 200 CC. verschiedener Salzlösungen behandelt. Die Salze Kalisalpeter, phosphorsaures Natron, schwefelsaures Kali u. s. w. waren in solchen Mengen in einem Liter destillirten Wassers gelöst, dass der Liter Lösung von jedem Salze (wasserfrei gedacht) 5 Grm., d. i. 5 pro mille enthielt. Nachdem die Erde während 24 Stunden so oft als möglich in verschlossenen Flaschen mit den Salzlösungen geschüttelt worden, ergaben sich aus der Bestimmung der in 100 oder 150 C. C. der filtrirten Lösung enthaltenen Mengen der Säuren und Basen die von der Erde absorbirten Salzmen gen. Als Hauptresultat dieser Versuche hat sich gezeigt, dass die chemische Absorptionsfähigkeit der Infusorienerde im Allgemeinen eine sehr geringe ist, die Bedeutung derselben in dieser Beziehung für die Vegetation hienach als sehr sekundärer Natur zu betrachten sein dürfte. Für Phosphorsäure z. B. ist der Absorptionscoëfficient 0,01. Hiezu kömmt noch der Gehalt der Erde an kohlensaurem Kalk, die Löslichkeit im Wasser, die alkalische Reaktion der Erde an und für sich, — Verhältnisse, welche auf die Resultate dieser Versuche nicht ohne Einfluss sind.

Ueber das Wachsen einiger Vegetabilien unter dem Einfluss der Infusorienerde sind im Verlaufe dieses Sommers Versuche in kleinem und grösserem Massstabe angestellt worden, über deren Resultate, sobald sie zum Abschluss gelangt sein werden, ich der Klasse Bericht zu erstatten mich beehren werde.
