

**Zeitschrift:** Landwirtschaftliche Blätter von Hofwyl  
**Herausgeber:** Emanuel Fellenberg  
**Band:** 5 (1817)

**Artikel:** Untersuchungen über die physischen Eigenschaften der Erden  
**Autor:** Schübler  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-394767>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

---

Untersuchungen  
über die  
physischen Eigenschaften  
der Erden.

---

Von Dr. Schübler.

---

Die nähere Kenntnis der Erden ist ein so wichtiger Gegenstand für den Landbau, und für den Naturforscher überhaupt von so vielfachem Interesse, daß ich es einige Zeit zu einer meiner vorzüglichsten Beschäftigungen mache, ihre physischen Eigenschaften einer näheren Prüfung zu unterwerfen.

Ich bediente mich bei diesen Untersuchungen der Hauptformen der Erden, wie sich diese in der Natur selbst finden, nachdem ich mich durch wiederholte Versuche überzeugt hatte, daß die durch die Kunst chemisch-rein dargestellten einfachen Erden auch in ihren physischen Eigenschaften von den in der Natur sich findenden bedeutend abweichen. Durch die Operationen des Glühens, durch die Behandlung mit starken Säuren und Alkalien, sollten sie auch nur die mechanische Verkleinerung befördern,

erleiden die physischen Eigenschaften der Erden nicht selten solche Umänderungen, daß sie ganz entgegengesetzt auf die Vegetation einwirken; reiner Thon bildet in seinem natürlichen Zustande einen zu schweren konsistenten Boden, der für die Vegetation untauglich ist; derselbe Thon geglättet bildet in seinem fein pulvormigen Zustand einen für die Dauer lockern, die Vegetation begünstigenden Boden. Hundert Theile reine kohlensaure Kalkerde in Form von Sand halten nur neunundzwanzig Theile Wasser zurück, während hundert Theile derselben Kalkerde in ihrem feinen pulvormigen Zustande bis fünfundachtzig Theile Wasser aufnehmen; hundert Theile Kieselsand halten nur fünfundzwanzig Theile Wasser zurück, während hundert Theile feine, zuvor aufgelöste und durch Präcipitation erhaltene Kieselerde bis zweihundert und achtzig Theile Wasser aufnehmen können. In einem ähnlichen feinen Zustande bildet sie mit der Thonerde den eigentlichen Thon, in welchem immer die Quantität der Kieselerde bedeutend vorherrschend ist. Kalk und Kieselerde bilden in der ersten Form, wenn sie überwiegen, einen sehr trockenen hitzigen Boden, die Pflanzen welken und verdorren in ihnen durch Mangel an Feuchtigkeit; in der letztern Form bilden sie einen zu nassen Boden, die Pflanzen leiden an dem entgegengesetzten Übel. <sup>1)</sup> Ich über-

1) Die bloß chemische Untersuchung wird nie im Stande sein, diese bedeutende Verschiedenheiten aufzufinden. Letzten Sommer hatte ich Gelegenheit, einen Thonmergel aus den Umgebungen von Stuttgart zu untersuchen; es gelang mir, durch bloßes mechanisches

zeugte mich durch diese Versuche, daß die bloß chemische Kenntniß der einfachen Bestandtheile einer Ackererde uns wenig genügen würde; daß wir bei den Erden wie bei den Pflanzen ihre sogenannten näheren Bestandtheile mit ihren Eigenschaften kennen lernen müssen, um über die Ursache ihres verschiedenen Einflusses auf die Vegetation Aufschlüsse zu erhalten und in zweifelhaften Fällen die Gründe dieser Verschiedenheiten aufzufinden.

Diese Hauptformen der Erden oder Grunderden, welche die obersten Schichten unserer Erde bedecken und in denen beinahe aller Landbau getrieben wird, sind folgende:

1) Quarzsand. Er findet sich beinahe in jeder Ackererde in mehr oder weniger feinem Zuge; er läßt sich durch bloßes Schlemmen vom Chon trennen, und enthält oft kleine Glimmerblättchen.

2) Kalksand. Er ist weniger häufig; gewöhnlich findet er sich in kalkhaltigen Bodenarten zugleich mit dem Quarzsand, welchem er auch in seinen physischen Eigenschaften sehr nahe steht; er

neiben seine vorzüglichsten Eigenschaften umzuändern. In seinem frischen natürlichen Zustande hatte er die Eigenschaften eines trockenen, hizigen, sehr lockern Bodens; in seinem fein zertheilten hingegen die eines nassen, mehr kalten, schwer zu bearbeitenden Bodens. Diese, durch die Kunst hervorgebrachte, schnelle Umwandlung scheint oft in der Natur im Großen durch langsame Verwitterung zu geschehen; die oft nur vorübergehende Wirksamkeit gewisser mineralischer Verbeckerungsmittel erklärt sich zum Theil hieraus.

besteht aus Kohlensaurer Kalkerde, und geht durch die Verwitterung nach und nach in diese feinere Erde über.

3) Lettenartiger Thon. Ich verstehe unter dieser Benennung (nach dem Vorgange von Thaer und Cromé) einen Thon, aus welchem sich durch langes Sieden und Schlemmen 30 — 60 Prozent, im Mittel noch 40 Prozent, eines feinen Quarzsandes abscheiden lässt.

4) Lehmartiger Thon; ein Thon, aus welchem sich noch 15 — 30 Prozent, im Mittel 24 Proz., feiner Sand abscheiden lässt.

5) Klayartiger Thon, ein Thon, aus welchem sich noch 5 — 15, im Mittel noch 10,7 Proz. feiner Sand abscheiden lässt.

6) Reiner, feiner Thon, durch Sieden und Schlemmen von allem feinen Sand gereinigt. Der zu diesen Untersuchungen gebrauchte bestand, nach einer näheren chemischen Untersuchung, aus 58 Proz. Kieselerde, 36,2 Proz. Thonerde und 5,8 Eisenoxyd; er hatte eine bläulich-graue Farbe und ein feines etwas fettes Anföhren.

Diese Thonarten sind sehr häufig und in vielen Ackererden in größerer oder geringerer Menge.

7) Feine pulverförmige Kohlensaurer Kalkerde. Sie findet sich in sehr verschiedenem Grade der Feinheit in der Ackererde, im Mergel, im Erdkalk; am reinsten erhält man sie durch Präzipitation aus einer Auflösung in Säuren, oder durch langes Liegen von gebrauntem reinem Kalk an der Luft, bis er wieder kohlensauer geworden ist. Sie ist so fein, daß sie sich durch Schlemmen

wie Thon vom Sand trennen lässt und im Wasser etwas suspendirt bleibt; vom Mergel, der sie zum Theil bildet, kann sie blos durch Säure geschieden werden.

8) **Humus** oder **Dammerde**. Ich bediente mich bei dieser Untersuchung des sogenannten oxydirten (nicht sauern) Humus, weil er sich in dieser Form am häufigsten in jeder fruchtbaren Ackererde findet.

Außer diesen gewöhnlichen Bestandtheilen der Ackererde untersuchte ich noch näher folgende seltener und gewöhnlich nur in geringerer Menge in der Ackererde sich findende Erdarten:

9) **Kohlensaurer Bittererde** oder **Talkerde**. Die Naturforscher sind schon längst verschiedener Meinung über die Wirkung dieser Erde auf die Vegetation; einige halten sie für sehr fruchtbar, andere für schädlich: um so mehr glaubte ich ihre physische Eigenschaften näher bestimmen zu müssen. Ich bediente mich der reinen kohlensauern Bittererde, wie man sie durch Präzipitation aus Säuren erhält.

10) **Erdiger Gips** oder **Gipserde**. Er findet sich nicht selten in der Ackererde in der Nähe von Gipsgebirgen; er ist wohl zu unterscheiden von dem gebrannten Gips.

Diesen einfacheren Erden fügte ich endlich noch einige zusammengesetzte fruchtbare Erden bei. Ich wählte hierzu:

11) **Fruchtbare leichte schwarze Gartenerde**. Sie bestand aus 52,4 Prozent Thon, 36,5 Proz.

Quarzsand, 1,8 Proz. Kalksand, 2,0 Proz. Kalkerde und 7,2 Proz. Humus.

12) Gewöhnliche Ackererde von einem der Felder von Hofwyl. Sie bestand aus 51,1 Thon, 42,7 Quarzsand, 0,4 Kalksand, 2,3 Kalkerde und 3,4 Humus.

13) Ackererde von einem Thal des benachbarten Tura. Sie bestand aus 63 Proz. Quarzsand, 33,3 Thon, 1,2 Kalksand, 1,2 Kalkerde, und 1,2 Humus.

Die physischen Eigenschaften, welche ich näher untersuchte, sind:

1) Das spezifische Gewicht mit der näheren Bestimmung eines bestimmten Volumens,

- a) im trockenen Zustand;
- b) im nassen Zustand.

2) Die wasserhaltende Kraft.

3) Die Festigkeit und Konsistenz des Bodens,

- a) im trockenen Zustand,
- b) im nassen Zustand.

4) Die verschiedene Fähigkeit, an der Luft auszutrocknen.

5) Die Volumensverminderung durch das Aus-trocknen.

6) Die Absorption von Feuchtigkeit aus der atmosphärischen Luft.

7) Die Absorption von Lebensluft aus der atmosphärischen Luft und Zersetzung derselben.

8) Ihre spezifische Wärme, und wärmehaltende Kraft.

9) Ihre Erwärmung durch das Sonnenlicht.

10) Ihr elektrisches und galvanisches Verhältniß.

11) Ihren Einfluß auf die Keimung im reinen Zustand.

---

### Schwere der Erden.

Das Gewicht der Erden ist sehr verschieden, je nachdem wir sie in Beziehung auf ein bestimmtes Volumen, wie eines Kubischuhes, in ihrem trockenen pulverähnlichen oder durchnässtem Zustand, oder in Beziehung auf das Gewicht ihrer einzelnen Erdtheilchen miteinander vergleichen; am leichtesten sind sie in ihrem trockenen pulverähnlichen Zustand, schwerer in ihrem durchnässtem Zustand, noch schwerer ist das Gewicht ihrer einzelnen Theile in Vergleichung mit dem Gewicht des Wassers. Jede dieser Bestimmungen erfordert eine eigene Untersuchung.

### Spezifisches Gewicht der Erden.

Um das spezifische Gewicht der Erden genau zu bestimmen, ist es nicht hinreichend, das Gewicht eines Kubikzolls oder Kubischuhes Erde mit dem Gewicht von einem gleichen Volumen Wasser zu vergleichen; man würde auf diese Art immer ein zu geringes spezifisches Gewicht erhalten, indem zwischen den einzelnen Erdtheilchen viele Luft enthalten ist, welche sich auch durch das dichteste Zusammendrücken nur zum Theil davon trennen läßt. Genau erhält man hingegen das spezifische Gewicht

der einzelnen Theilchen einer Erde durch folgendes Verfahren.

Man füllt ein mit eingeriebenem Stöpsel verschenes Gefäß mit destillirtem Wasser und wiegt es auf einer feinen Wage, schüttet nun in das wieder ausgeleerte Gefäß eine abgewogene zuvor getrocknete Menge der zu untersuchenden Erde, füllt hierauf das Glas mit Wasser an und verschließt es; wobei übrigens sehr Sorge zu tragen ist, daß an der Erde oder im Glase keine Luftblasen hängen bleiben. Nun bringt man das abgetrocknete Glas wieder auf die Wagschale, und legt in die andere Wagschale soviel Gewicht hinzu, als zur Herstellung des Gleichgewichts erforderlich ist. Wird das zugelegte Gewicht vom Gewicht der Erde abgezogen, so zeigt die Differenz, wieviel Wasser die Erde aus dem Gefäß verdrängt habe. Dividiert man nun das Gewicht der Erde durch das Gewicht des verdrängten Wassers, so erhält man das gesuchte spezifische Gewicht der Erde. <sup>2)</sup> Z. B. die zu untersuchende Erde wog 240 Gran, das Gefäß mit Wasser gefüllt wog 600 Gran; das Gefäß mit Erde und Wasser zugleich gefüllt wog 744 Gran; die Zunahme des Gewichts durch die Erde betrug daher 744 — 600

2) Davy, in seinen Elementen der Agrikultur-Chemie, gibt folgende Vorschrift zur Bestimmung des spezif. Gewichts der Erden. Man fülle eine Flasche, welche ein bestimmtes Quantum Wasser fast, halb mit Wasser und schüttet dann die Erde zu, bis das Wasser an die Mündung steigt; der Unterschied zwischen dem Gewicht des Wassers und der Erde wird das verlangte Resultat geben. Bestimmt ist obiges Verfahren.

$\equiv 144$  Gran; es wurden daher  $240 - 144 = 96$  Gran Wasser durch die Erde verdrängt (oder 240 Gran Wasser nehmen einen so großen Raum ein, als 96 Gran dieser Erde), und das gesuchte spezifische Gewicht der Erde ist daher  $\frac{240}{96} = 2,50$

wenn das Gewicht des Wassers  $= 1$  gesetzt wird.  
Die Berechnung ist daher kurz, jedesmal folgende:

$$744 - 600 = 144$$

$$240 - 144 = 96$$

$$\frac{240}{96} = 2,50$$

oder auch in einem Ausdruck:

$$\frac{240}{600 + 240 - 744} = 2,50. \quad 3)$$

Um aus dem spezifischen Gewicht eines Körpers sein absolutes Gewicht zu finden, hat man bei zusammenhängenden Körpern nur ihr spezifisches Gewicht mit dem Gewicht eines Kubikzolls oder Kubikschuhs Wasser zu multiplizieren. Diese Berechnungsart ist aber bei den Erden nicht anwendbar, man würde hier immer ein zu großes Gewicht erhalten; vielmehr ist es nötig, zu dieser Bestim-

3) Wird im Allgemeinen das Gewicht der Erde, welche zur Untersuchung genommen wird, mit  $a$ , das Gewicht des Gefäßes, wenn es bloß mit Wasser gefüllt ist, mit  $p$ , und das Gewicht des Gefäßes, wenn es mit Erde und Wasser zugleich gefüllt ist, mit  $P$  bezeichnet, so erhält man das spezifische Gewicht der Erde  $x$  durch folgende Formel:

$$\frac{a}{p + a - P} = x$$

mung ein bestimmtes Volumen von jeder einzelnen Erde besonders abzuwiegen. Da es bei dieser Bestimmung sehr auf den verschiedenen Grad der Feuchtigkeit der Erde ankommt, so hielt ich es für zweckmäßig, das Gewicht jeder Erde zweimal zu bestimmen:

- 1) In ihrem völlig möglichst getrockneten Zustand;
- 2) In ihrem völlig durchnässt Zustand.

Getrocknet nehme ich eine Erde an, wenn sie bei einer Temperatur von 30 bis 40° R., in welcher sie als ein feines zerreibliches Pulver eine halbe Stunde lang getrocknet wird, nichts mehr an Gewicht verliert; ich vermeide es, sie in einer höheren Temperatur völlig auszutrocknen, weil bei Erden, welche Humus enthalten, dieser dadurch leicht verflüchtigt und zersezt wird. Völlig durchnässt nehme ich sie an, wenn sie, auf einem Filtrum liegend, von darauf gegossenem Wasser nichts mehr abtropfen lässt.

Die Resultate dieser Untersuchungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt<sup>4)</sup>; die Kubikzolle und Kubikschuhe sind nach altem Pariser Maas, die Gewichte in dem allgemein gebräuchlichen Nürnberger Medizinal-Gewicht angegeben, in welchem ein

4) Ich berechnete die gefundenen spezifischen Gewichte alle auf die größte Dichtigkeit des Wassers, welche bei + 3,48° R. statt findet, nach der von Professor Tralles hierüber entwickelten Formel in Gilberts Annalen der Physik, Band 27, S. 263.

Pariser Kubikzoll Wasser bei 4° N. 319,14 Gran 5)  
und ein Kubischuh 95,72 Pfund wiegt, das Pfund  
zu zwölf Unzen gerechnet. 6)

Gewicht der Erden.

Tab. I.

Erdarten.	Spezif.	Gewicht eines		Gewicht eines	
	Gewicht	Pariser Kubikzoll	Par.	Kubischuh	
	das des	im trock.	durch	im trock.	durch
	Wassers	nien fein.	näxten	nien fein.	näxten
	= 1.	Zustand.	Zustand.	Zustand.	Zustand.
Kalksand	2,822	505 gr.	628 gr.	151,5 lb.	188,5 lb.
Quarzsand	2,753	495	605	148,5	181,5
Gipserde	2,358	408	573	122,6	170,2
Lettenartiger Thon	2,701	435	577	130,4	171,6
Lehmartiger Thon	2,652	393	551	118,0	165,5
Klayartiaer Thon	2,603	357	531	107,1	159,5
Reiner Thon	2,591	334	515	100,3	154,5
Feine Kalkerde	2,468	244	460	71,7	138,0
Humus	1,225	154	346	46,4	109,0
Kalkerde	2,232	75	339	21,1	101,7
Gartenerde	2,332	364	457	91,7	137,0
Ackererde von Hofwyl	2,401	376	529	112,7	158,9
Ackererde vom Jura	2,526	414	515	124,1	154,5

5) Nach Prof. von Bohnenberger's Versuchen über das Gewicht des Wassers, in den Tübinger Blättern für Naturwissenschaft und Arzneikunde, erster Band, S. 67 und 96.

6) In einzelnen Schriften finde ich die spezifischen Gewichte mehrerer Erden geringer als  $\approx 2$ , das des Wassers  $\approx 1$  gesetzt, angegeben; diese Angaben scheinen auf der Vergleichung des Gewichts eines bestimmten Volumens Erde (eines Kubikzolls oder Kubischuhes) mit dem Gewicht eines gleichen Volumens Wasser zu beruhen, wodurch man bei den meisten Erden ein zwischen 1 — 2 wechselndes spezifisches Gewicht erhalten würde, wie aus der obigen Tabelle näher zu ersehen ist, nicht aber auf der spezifischen Gewichtsbestimmung der einzelnen Erdtheileinheiten.

Die allgemeinen Resultate, welche hieraus hervorgehen, sind:

- 1) Der Sand ist sowohl im trockenen als nassen Zustande der schwerste Theil der Ackererde.
- 2) Kalksand und Quarzsand sind in dieser Beziehung nur wenig von einander verschieden; der Kalksand ist selbst noch etwas schwerer.
- 3) Die Thonarten sind desto leichter, je weniger Sand und je mehr Thon sie enthalten, und umgekehrt.
- 4) Die feine pulverförmige Kalkerde kommt unter den gewöhnlichen Bestandtheilen der Ackererde dem Humus in Ansehung des Gewichts am nächsten.
- 5) Der Humus selbst hat das geringste spezifische Gewicht unter allen Bestandtheilen der Ackererden.
- 6) Obgleich das spezifische Gewicht der Bittererde noch bedeutend grösser ist als das des Humus, so wiegt demungeachtet ein Kubikzoll Bittererde, sowohl im trockenen als nassen Zustande, wenn sie auch möglichst zusammengedrückt wird, bedeutend weniger als ein Kubikzoll Humus, indem die einzelnen Theile der Bittererde sich äusserst locker aufeinander anlegen. Wahrscheinlich ist diese auffallend grosse Lockerheit und Mangel an Festigkeit eine der Ursachen, wenn sie auf die Vegetation nachtheilige Wirkungen äussert.
- 7) Eine zusammengesetzte Erde ist gewöhnlich desto schwerer, je mehr Sand sie enthält; hingegen desto leichter, je mehr Thon und feine Kalkerde, vorzüglich aber je mehr Humus sie besitzt. Wir

können daher schon vorläufig aus dem Gewicht eines Bodens auf seine Bestandtheile schliessen. 7)

8) Die bei den Landwirthen gewöhnliche Bezeichnung eines schweren und leichten Bodens bezieht sich weder auf das spezifische noch absolute Gewicht desselben (die Thonarten sind sowohl im trockenen als nassen Zustande leichter, als reiner Sand), sondern auf den größern oder geringern Widerstand, welchen die Erden den Ackerwerkzeugen entgegensetzen, wovon näher in der Folge die Rede sein wird.

Künstliche Mengungen von Erden zeigten mir in Ansehung ihres Gewichts eine merkwürdige Erscheinung; man hätte nämlich erwarten sollen, ein Gemenge von zwei Erdarten, deren Gewicht einzeln bekannt ist, würde ein Gewicht erhalten, welches dem arithmetischen Mittel des Gewichts zwischen den beiden einzelnen Erden gleich wäre; es ist aber dieses nie der Fall, vielmehr zeigten mir diese künstlichen Gemenge immer ein größeres Gewicht, als sich nach dem arithmetischen Mittel

7) Davy sagt in seiner Agrikultur-Chemie, S. 182: „Es ist von Wichtigkeit, das spezifische Gewicht eines Ackerlandes zu erforschen, weil man daraus auf die Menge animalischer und vegetabilischer Substanzen, die in ihm enthalten sind, schliessen kann; diese Substanzen kommen stets in leichtem Erdreich in reicherer Menge vor. Dieser Satz zeigt sich nach dem Obigen im Allgemeinen bestätigt; daß er aber nicht genüge, und welche nähere Bestimmungen er bei einzelnen und zusammengesetzten Erden erhalte, zeigt obige tabellarische Zusammenstellung.

erwarten liesse, sie mochten dem Gewicht oder dem Volumen nach zusammengemengt werden, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht.

Erdarten.	Gewicht von 5,7 Kubikzoll.	Arithmetisches Mittel.	Gewichtszunahme. Das Gemenge wurde schwerer um
Gewöhnlicher Flussand	2840		
Klayartiger gelblicher Thon	2020	Gran.	
Blauer Thonmergel	1790		
Gleiche Theile Thon u. Sand) dem Gewicht nach	2545 gr.	2430	115 gr.
Gleiche Theile Thon u. Sand) d. Volumen nach	2685	2430	255
2 Theile Thon) dem Gewicht nach	2390	2293	97
1 Theil Sand)			
2 Theile Thon) dem Volumen nach	2470	2293	177
2 Theile Sand) dem Gewicht nach	2740	2566	174
1 Theil Thon)			
2 Theile Sand) dem Volumen nach	2825	2566	259
Gleiche Theile Thonmergel und Sand) dem Gew.	2267	2315	48
nach			

Diese Zunahme des Gewichts bei künstlichen Erdmengungen muß wohl in einem engern Zusammenhange und nähern Aneinanderlagern der einzelnen Erdtheilchen begründet sein. Es reicht sich diese Erscheinung an mehrere andere, vorzüglich an die, daß durch das Zusammenschmelzen von zwei verschiedenen Metallen Metallkompositionen entstehen, deren spezifisches Gewicht größer ist, als das

Mittel des spezifischen Gewichts der beiden einzelnen Metalle.

---

### Wasserhaltende Kraft der Erden.

Die wasserhaltende Kraft der Erden, oder ihr Vermögen, eine größere oder geringere Masse Wasser in ihre Zwischenräume aufzunehmen und zurückzuhalten, ohne es tropfenweise wieder fahren zu lassen, ist ohne Zweifel eine der wichtigsten Eigenschaften der Erden, die auf die Fruchtbarkeit eines Bodens einen bedeutenden Einfluß hat, da zum Theil von ihr die Masse der Feuchtigkeit abhängt, welche die Pflanzenwurzeln einsaugen können. Folgendes Verfahren, diese Kraft auszumitteln, glaube ich als das genaueste empfehlen zu dürfen.

Man nimmt 400 bis 500 Gran der zu untersuchenden Erde, trocknet sie mäßig bei  $30 - 40^{\circ}$  R. auf einem, auf erwärmtem steinernem Ofen oder Eisenblech liegenden, Papier, bis sie nichts mehr durchs weitere Trocknen verliert (etwa eine halbe Stunde lang), und röhrt sie nun in einem gläsernen Gefäße mit Wasser zu einem dünnen Brei an; diesen schüttet man auf ein zuvor schon völlig durchnästes und im durchnästesten Zustande gewogenes Filtrum von Fließpapier, und spült dann alle zurückgebliebene Erde mit Wasser nach, damit alles aufs Filtrum komme. Das Filtrum selbst ist in einem gläsernen Trichter, oder ruht auf einer ausgespannten reinen Leinwand. Sobald von dem Filtrum kein Wasser mehr in Tropfen abläuft, wird

es mit seinem Inhalt gewogen; aus der Zunahme des Gewichts ergibt sich die Quantität des absorbierten Wassers und damit die wasserhaltende Kraft der Erde. Die Berechnung selbst ergibt sich aus folgendem Beispiel:

Das Gewicht der trockenen Erde sei 400 Gr.

Das Gewicht des nassen Filtrums 110 Gr.

So wiegen beide zusammen 510 Gr.

Die mit Wasser gesättigte Erde  
zugleich mit dem Filtrum wiege 706 Gr.

So beträgt die Quantität des absor-  
birten Wassers . . . 196 Gr.

Diese wurden von 400 Gr. Erde zurückgehalten;  
100 Theile halten also zurück:

$$400 : 100 = 196 : x \text{ und } x = \frac{19600}{400} = \frac{196}{4} = 49.$$

Die wasserhaltende Kraft dieser Erde lässt sich daher durch 49 ausdrücken.

Die Resultate dieser Untersuchungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt; ich fügte in dieser noch eine Bestimmung bei, nämlich die Quantität von Erde und Wasser, welche in einem bestimmten Volumen der durchnässt Erde enthalten ist. Sie geht durch eine einfache Regel Detri aus der wasserhaltenden Kraft der Erde und ihrem Gewicht im nassen Zustand hervor.

### Wasserhaltende Kraft der Erden.

II.

Erdarten.	100 Theile halten Wasser zurück	Ein Paris. Kubik- schuh der durch- nässtest Erde enthält	
		an Wasser.	an Erde.
Quarzsand . . .	25	36,3 lb.	145,2 lb.
Gipserde . . .	27	36,2	134,0
Kalksand . . .	29	42,4	146,1
Lettenartiger Thon	40	49,1	122,9
Lehmartiger Thon	50	55,2	110,3
Klayartiger Thon .	61	60,5	99,0
Reiner Thon . .	70	64,5	90,0
Feine Kalkerde . .	85	63,4	74,6
Humus . . . .	190	73,5	30,5
Talferde . . .	456	83,5	18,2
Gart.erde . . .	89	64,6	72,4
Ackererde von Hofwyl	52	54,4	104,5
Ackererde vom Jura	48	50,2	104,3

Die allgemeinen Resultate über die wasserhaltende Kraft der Erden wären hiermit folgende:

1) Der Quarzsand hat unter allen Erdarten die geringste wasserhaltende Kraft; sie ist am geringsten bei dem grobkörnigen Sande, wo sie zuweilen nur 20 Prozent beträgt. Bei sehr feinem Sande wird sie stärker, und steigt bis gegen 30 Prozent.

2) Der Kalksand hat, bei gleicher Größe der Körner, gewöhnlich eine etwas größere wasserhaltende Kraft, als der Quarzsand.

3) Der Gips hat zwar eine etwas größere wasserhaltende Kraft, als der Quarzsand; wird aber ein bestimmtes Volumen desselben mit dem des Sands verglichen, so enthält dieses selbst noch etwas weniger Wasser, als der durchnässte Sand. Die feinen Theile des erdigen Gipses scheinen sich enger aufeinander anzulagern, als dieses bei den Sandkörnern in ihrem nassen Zustand der Fall ist.

4) Die wasserhaltende Kraft der Thonarten ist desto geringer, je mehr Sand sie enthalten, desto größer, je reicher an Thon sie sind.

5) Die wasserhaltende Kraft der in der Ackererde sich findenden kohlensauren Kalkerde ist sehr verschieden, je nachdem sie in Form von Sand oder von mehr oder weniger feinem pulverförmigem Kalk darin enthalten ist; diese beiden Formen des Kalks sollten daher bei jeder genauen Untersuchung einer Erde auch näher unterschieden werden, welches durch Schlemmen sehr leicht geschehen kann.

6) Der Humus hat unter den gewöhnlichen Bestandtheilen des Bodens die größte wasserhaltende Kraft; er nimmt beinahe sein doppeltes Gewicht an Wasser auf.

7) Die kohlensaure Bittererde hat eine auffallend größere wasserhaltende Kraft, als alle übrige Erden. Sie hält  $4\frac{1}{2}$  mal ihr eigenes Gewicht an Wasser zurück; eine wasserhaltende Kraft, welche für die Vegetation eher schädlich als nützlich sein kann.

8) Zusammengesetzte Erden, welche humusreich sind, haben daher gewöhnlich eine große wasserhaltende Kraft.

---

## Festigkeit und Konsistenz des Bodens.

Die Festigkeit und Konsistenz eines Bodens ist sowohl auf die Vegetation als Bearbeitung desselben von großem Einflusse; auf ihr beruhen vorzüglich die bei dem Landmann so gewöhnlichen Benennungen eines schweren oder leichten Bodens, daher ich sie einer näheren messenden Untersuchung zu unterwerfen mich bemühte. Auch in dieser Beziehung prüfte ich die Erden wiederum besonders in ihrem trockenen und nassen Zustand.

### a) Festigkeit oder Cohäsion der Erden im trockenen Zustande.

Ich bediente mich zu dieser Bestimmung folgender Methode: Ich formte von den einzelnen Erden in ihrem halb durchnähten etwas zähen Zustand nach einer Form von Holz gleiche längliche Stücke, Parallelepipeda, von zwanzig Pariser Linien Länge, sechs Linien Höhe und sechs Linien Breite; nachdem sie vollkommen ausgetrocknet waren, brachte ich sie auf zwei Unterstüzungspunkte, welche fünfzehn Linien von einander entfernt waren, und beschwerte sie so lange mit in der Mitte aufgehängten in einer Wagschale befindlichen kleinen Gewichten, bis sie zerbrachen. Die Menge der aufgelegten Gewichte diente mir als Maas ihrer Festigkeit.

Die Menge der Gewichte, welche ich bei den thonhaltigen Erden aufzulegen nöthig hatte, übertraf meine Erwartung; beim reinen Thon betrug

sie mehrere Pfunde, nämlich 178,300 Gran <sup>8)</sup>, beim reinen feinen Kalk hingegen nur 99,5 Gran. Ich setzte die Festigkeit des Thons von 178300 = 100,0, und reduzierte hierauf alle übrige Zahlen;

8) Hr. Professor Gilbert zu Leipzig teilte in einem der neuern Hefte seiner schätzbaren Annalen der Physik (im November 1815) mehrere der Resultate meiner Untersuchungen in einem gedrängten Auszuge dem Publikum mit, übersetzt aus einem Briefe von mir an Hrn. Professor Vietet in Genf, welcher dieses Schreiben in die Bibliothèque britannique hatte einrücken lassen. Ich finde in dieser Uebersetzung der Zahl 178300 ein Fragezeichen beigefügt; sie könnte allerdings zu groß erscheinen, sie kam aber in der That nicht durch einen Druck- oder Schreibfehler in diese Zeitschrift. Ich musste bei dem reinen an der Luft getrockneten Thon über dreißig Pfunde auflegen (5760 . 30 = 172800), so daß die gewöhnliche Wagschale zur Haltung der Gewichte nicht mehr zu reichte, deren Gewicht selbst immer zugleich mit in Rechnung gezogen wurde. Es versteht sich wohl von selbst, daß ich jeden dieser Versuche mehrere mal wiederholte, und nur die Mittelzahlen gut übereinstimmender Versuche als Resultat in folgende Tabelle einsetzte. Ich bediente mich bei den Versuchen, als kleinsten Gewichte, der Grane, indem die Cohäsion bei sandreichen Erden nur sehr gering ist. Ich setzte die Festigkeit des Thons = 100,0, weil unter allen bisher von mir untersuchten Erdarten ich keine fand, welche eine größere Cohäsion gehabt hätte, ohne damit sagen zu wollen, daß gewisse chemische Verbindungen mit Thon nicht noch eine größere Festigkeit besitzen könnten, wie mir dieses von einigen Verbindungen

die Resultate sind in der sogleich folgenden Tabelle zusammengestellt.

b) Konsistenz des Bodens im durchnähten Zustande, und Anhängen oder Adhäsion derselben an Ackerwerkzeuge.

Bei der Bearbeitung einer Erde im feuchten Zustand ist nicht nur die Cohäsion der Erde selbst, sondern vorzüglich ihr Anhängen oder ihre Adhäsion an Ackerwerkzeuge, zu überwinden. Ich bediente mich daher folgenden Verfahrens, um die bei Bearbeitung verschiedener Bodenarten anzuwendende Kraft einer Vergleichung unterwerfen zu können. Ich ließ mir gleich große runde Scheiben von Eisen und Buchenholz verfertigen (den beiden zu Ackerwerkzeugen am häufigsten gebrauchten Substanzen), befestigte eine solche Scheibe wie eine Wagschale an den Arm einer empfindlichen Wage, und beschwerte die andere Schale so lange mit kleinen Gewichten, bis beide Arme der Wage im Gleichgewicht standen; nun brachte ich die Scheibe mit einer zu untersuchenden befeuchteten Erde in genaue Berührung, und legte auf die andere Schale so lange kleine Gewichte, bis die auf der Erde liegende Platte losriß; die Menge der aufgelegten Gewichte bestimmte mir jedesmal die Adhäsionskraft der Erde.

aus Thon und feinem Kalk wahrscheinlich wird, so wenig man dieses auch nach der bloß chemischen Untersuchung erwarten sollte; sie werden sich übrigens auf diese Art immer unter sich und mit dem reinen Thon vergleichen lassen.

zu der Scheibe. Um die Erde in gleichförmig durchnässtem Zustand vergleichen zu können, worauf hier so vieles ankommt, legte ich sie zuvor jedesmal so lange auf ein Filtrum von Leinwand, bis kein Wasser mehr abtropfte.

Die Stärke der Adhäsion übertraf meine Erwartung; eine eiserne Adhäsionsscheibe von 3,4 Quadratzoll Fläche erforderte über tausend Grane, um von der Gartenerde losgerissen zu werden. Die näheren Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt; um einen allgemeinen Vergleichungspunkt zu haben, und die bedeutende Größe dieser Kraft auch in Beziehung auf den Kraftaufwand im Großen beurtheilen zu können, reduzierte ich alle Versuche, welche ich übrigens mit gleich großen Flächen anstelle, auf die Fläche eines Pariser Quadratschuhes, nach den früher schon erwähnten Gewichten.

Festigkeit und Konsistenz des Bodens.

III.

Erdarten.	Zu trockenem Zustand. Festigkeit od. Cohäsion, die des feinen Ton's 11 100,0 gefest.	Im nassen Zustand. Anhängen an Acker- werkzeuge, Adhäsion an eine Fläche von einem Pariser Quadratschuh	
		von Eisen	von Holz.
Quarzsand . . .	0	mit 5,1 lb.	5,7 lb.
Kalksand . . .	0	5,5	5,9
Kalkerde . . .	5,0	19,1	20,8
Gipserde . . .	7,3	14,3	15,8
Humus . . .	8,7	11,8	12,5
Talkerde . . .	11,5	7,8	9,5
Lettenartiger Thon	57,3	10,6	11,9
Lehmartiger Thon	68,8	14,1	15,2
Klayartiger Thon	83,3	23,0	25,3
Reiner feiner Thon	100,0	36,0	39,0
Gartenerde . . .	7,6	8,6	10,0
Ackererde von Hofwyl	33,0	7,8	8,6
Ackererde vom Gura	22,0	7,1	8,0

Allgemeine Resultate aus diesen Versuchen.

1) Die bei den Landwirthen gewöhnliche Benennung eines schweren oder leichten Bodens beruht auf dieser Cohäsion und Adhäsion der Erden zu sich und zu den Ackerwerkzeugen, und diese Benennungen bezeichnen daher vielmehr einen schwer oder leicht zu bearbeitenden, mehr oder weniger zusammenhaltenden Boden.

Durch das oben angegebene Verfahren lässt sich die Größe dieser Kraft bei den verschiedenen Bo-

denarten mit einer für diesen Zweck hinreichenden Genauigkeit finden. Ein Boden ist sehr leicht zu bearbeiten, dessen Festigkeit im trockenen Zustand nicht über 10,0 steigt; er ist hingegen schon ziemlich schwer, wenn diese Festigkeit bis 40,0 zunimmt. Im nassen Zustand ist ein Boden leicht zu bearbeiten, wenn eine Fläche von einem Pariser Quadratschuh nur mit einer Kraft von fünf bis acht Pfunden zurückgehalten wird; er ist hingegen schon bedeutend schwer, wenn hierzu eine Kraft von zwanzig Pfunden nötig ist; sie steigt beim reinen Thon bis neununddreißig Pfunde.

Die gewöhnlichen Ackererden stehen zwischen diesen Extremen mit sehr verschiedenen Graden ihrer Festigkeit, wie dieses die Tabelle näher angibt.

2) Die Festigkeit und Konsistenz eines Bodens steht mit seiner wasserhaltenden Kraft nicht in direktem Verhältniß. Die feine Kalkerde und der Humus besitzen eine große wasserhaltende Kraft, die bedeutend größer ist, als die des Thons; dem ungeachtet ist ihre Festigkeit, sowohl im trockenen als nassen Zustand, bedeutend geringer: sie bilden einen leicht zu bearbeitenden Boden.

3) Leichte Bodenarten (Sandbodenarten) gewinnen durch Feuchtigkeit bedeutend an Zusammenhang; der Zusammenhang ist bei dem reinen trockenen Sand völlig aufgehoben, mit Wasser befeuchtet schon ziemlich bedeutend, vorzüglich in Vergleichung mit dem Thon.

4) Die Adhäsion an eine Fläche von Holz ist immer größer, als an eine gleich große Fläche von

Eisen. Diese Erscheinung zeigt sich bei jeder einzelnen Erde <sup>9)</sup>; sie zeigt sich ebenfalls im Großen auf verschiedene Art bestätigt. <sup>10)</sup>

9) Die Ursache dieser größern Adhäsion bei Holz als bei Eisen scheint mir hier vorzüglich auf der größern Menge von Berührungs punkten zu beruhen, welche eine übrigens gleich große Fläche von Eisen und Holz einer Erde darbietet, indem sich in die kleinen Spalten und Nischen auch des bearbeiteten Holzes immer mehr feuchte Erde ansetzen und Berührungs punkte finden kann, als bei dem blanken Metall. Ich versuchte in dieser Beziehung auch andere Holzarten, vorzüglich Eichenholz; dieses zeigte mir eine noch etwas größere Adhäsion, als das Buchenholz; seine Oberfläche wird auch durch Befeuchtung poröser und rissiger, wenn es gleich trocken vollkommen eben bearbeitet wird. Daß übrigens die verschiedene Cohäsion der feuchten Erde zu sich selbst im Allgemeinen sehr auf diese Adhäsion einfließe, und daß wir auch hier mehr die Größe dieser Cohäsion als Adhäsion zu überwinden haben, und diese eigentlich messen, wird sehr wahrscheinlich, wenn wir die Resultate über die Cohäsion mit diesen über die Adhäsion vergleichen, und sie mit den Versuchen in Verbindung sehen, welche erst vor Kurzem hierüber Hr. Doktor Nuhland in München mit verschiedenen andern Körpern über diesen Gegenstand anstellte. S. Schweigg. Journal der Chemie und Physik, elfster Band, zweites Heft. 1814.

10) Eine im Großen vorkommende Erscheinung könnte diesem Sahe zu widersprechen scheinen; sie ist diese: Es kommt dem praktischen Landwirth nicht selten vor, daß schwerer Boden bei nasser Witterung leichter mit hölzernen Eggen zu bearbeiten ist, als mit eisernen.

5) Im Allgemeinen ist die Konsistenz einer zusammengesetzten Erde desto grösser, je mehr Thon sie enthält.

**Verminderung der Festigkeit durch das Durchfrieren der Erde.**

Bekannt ist es, wie sehr durch das Durchfrieren eines frisch gepflügten Landes die Festigkeit der einzelnen Erdschollen vermindert und das Ganze lockerer gemacht wird. Um näher diese Erscheinung zu verfolgen, verschaffte ich mir von verschiedenen Erden gleich grosse längliche Stücke, setzte sie in ihrem feuchten Zustand einige Tage strenger Winterkälte aus, so daß sie völlig durchfrieren konnten, und ließ sie nun im bewohnten Zimmer langsam zugleich mit andern, welche ich zuvor nicht dem Frost ausgesetzt hatte, austrocknen. Ihre Cohäsion bestimmte ich auf die früher erwähnte Art. Die dem Frost ausgesetzten hatten alle ihre Cohäsion bedeutend vermindert; einige beinahe um die Hälfte; die des lehmartigen Thons von 688 bis 450; die der Hofwyler Ackererde von 330 bis 200; reiner Thon lies sich durch den Druck der Finger in ein feines Pulver verkleinern, welches bei demselben ohne Einwirkung des Frosts erhärteten Thon nicht

Diese schwerere Bearbeitung bei einer eisernen Eage beruht aber in diesem Fall nicht auf einer grössern Adhäsion der feuchten Erde zum Eisen, sondern darin, daß dieses eiserne Instrument durch sein bedeutend grösseres Gewicht tiefer in den Boden eingreift, und daher weit mehr Kraftaufwand erfordert, um sich durch das Feld durchführen zu lassen.

möglich war. Feuchtigkeit ist zu diesem Erfolge nothwendig; zuvor getrocknete Erden dem Froste ausgesetzt, verändern sich nicht. — Die durch die Kälte veranlaste Kristallisation des Wassers, welche unter bestimmten Winkeln und Richtungen erfolgt, scheint die Ursache dieser Erscheinung zu sein, indem dadurch die einzelnen Erdtheilchen aus ihrer vorigen Lage gebracht und ihre Berührungs punkte vermindert werden. Die Verminderung der Konsistenz und Festigkeit einer Erde durch Frost ist daher nicht immer von langer Dauer; wird die wieder aufgethau te Erde stark durchknetet und bearbeitet, so erhält sie wieder dieselbe Konsistenz und Festigkeit bei dem Austrocknen, wie zuvor. Es erklärt sich hieraus der vortheilhafte Einfluss des Pflügens im Herbst; der Frost kann dadurch tiefer in die Erdoberfläche eindringen; das ganze Erdreich wird besser durchfrieren, dadurch lockerer, und im Frühjahr auch länger seine Lockerheit behalten, weil nun weniger starke Bearbeitung mehr nöthig ist, wodurch bei etwas feuchter Witterung die durch den Frost bewirkte Auflockerung zum Theil wieder verloren geht. Wie schädlich es ist, im Frühling bei nasser Witterung ein Feld zu bearbeiten, ist jedem Landwirth bekannt; die Folgen davon sind bei Tonboden oft Monate lang sichtbar. <sup>11)</sup>

11) Durch das Brennen eines Bodens wird ebenfalls die Konsistenz desselben bedeutend vermindert, welche nähere Veränderungen in chemischer und physischer Hinsicht durch diese Operation in dem Boden veranlaßt werden, bin ich so eben näher zu untersuchen beschäftigt; die meisten physischen Eigenschaften

## Fähigkeit der Erden, mehr oder weniger schnell auszutrocknen.

Die Eigenschaft der Erden, die aufgenommene Feuchtigkeit wieder mehr oder weniger schnell an die atmosphärische Luft abzugeben, ist für die Vegetation nicht weniger wichtig, als ihre wasserhaltende Kraft, indem es von bedeutendem Einflusse sein muß, ob ein Boden das aufgenommene Wasser schnell oder langsam wieder fahren lasse.

Durch folgende Methode gelang es mir, diese Fähigkeit mit ziemlicher Genauigkeit einer messenden Vergleichung zu unterwerfen. Ich ließ mir aus dünnem Eisenblech eine runde, flache, am Rande mit einer kleinen Einfassung versehene Scheibe von zehn Pariser Quadratzollern Oberfläche verfertigen. Die Fläche selbst brachte ich an den Arm einer empfindlichen Wage, und verbreitete auf ihr gleichförmig die zu untersuchende Erde in ihrem völlig (auf die früher angegebene Art) durchnähten Zustand<sup>12)</sup>. Ich bemerkte das Gewicht der

scheinen dadurch auf lange Zeit verändert zu werden. Reiner Thon, der vorher den schwersten Boden bildete, wird dadurch locker und verliert seine bedeutende Konstanz und Zäbigkeit; die bloße Befeuchtung mit Wasser ist nicht mehr hinreichend, ihm diese wieder zu geben. In vielen Gegenden Schottlands ist es allgemein Sitte, den Boden durch Brennen des Thons zu verbessern. Siehe Biblioth. britann. agricult. nouv. serie. Vol. I. pag. 75. 1816.

12) Bei einer Fläche von zehn Quadratzoll wandte ich immer 200 Gran der trockenen Erde an, bei einer

mit durchnähter Erde beschwerten Scheibe, und überließ das Ganze bei einer Temperatur von 15° R. vier Stunden lang ruhig in einem geschlossenen Zimmer der Verdünnung, und bemerkte das Gewicht alsdann aufs Neue, wodurch ich die Menge des verdünnten Wassers erhielt. Nachher ließ ich die Erde noch vollkommen durch künstliche Wärme austrocknen, wodurch ich die ganze Quantität des Wassers erhielt, welche die Erde Anfangs aufgenommen hatte. Um einen allgemeinen Vergleichungspunkt zu haben, reduzierte ich jedesmal die Quantität des aufgenommenen Wassers auf 100 oder 1000. Die Berechnung selbst geht näher aus folgendem Beispiel hervor:

Gewicht einer durchnähten Erde	310 Gr.
Gewicht derselben Erde nach vier	
Stunden	260 Gr.
Gewicht der vollkommen trockenen Erde	<u>200 Gr.</u>
Menge des in vier Stunden verdünnten	
Wassers	50 Gr.
Menge des Wassers, welches die Erde	
Anfangs aufgenommen hatte	110 Gr.

Nun lässt sich fragen: wenn von 110 Theilen aufgenommenen Wassers 50 verdünnten, wieviel verdünnen von 100?

$$110 : 50 = 100 : x \text{ und } x = \frac{5000}{110} = 45,5 \text{ Theile.}$$

Fläche von fünfzig Quadratzollen 1000 Gran: wieviel durchnähte Erde nötig sei, um gerade 200 Gran trockene Erde zu erhalten, konnte ich leicht aus der wasserhaltenden Kraft berechnen.

Die Resultate dieser Versuche sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Um auch näher die verschiedenen Zeiten vergleichen zu können, welche die Erden zu ihrer Austrocknung bis auf einen gewissen Grad unter übrigens gleichen Umständen nöthig haben, fügte ich noch eine zweite Kolumne mit dieser Bestimmung bei. Ich wählte nicht vollkommene Austrocknung, indem diese bei einer Temperatur von  $15^{\circ}$  R. in der freien Atmosphäre nie statt findet.

Fähigkeit der Erden, in verschiedener Zeit auszutrocknen.

IV.

Erdarten.	Fähigkeit auszutrocknen:		
	Von 100,0 Theilen absorbierten Wassers verdünneten bei $15^{\circ}$ R. Temp. in 4 Stunden	Von 100,0 Theilen aufgenommenen Wassers verdünneten 90,0 Theile bei einer Temper. von $15^{\circ}$ R.	
Quarzsand . .	88,4 Theile	in 4 Stund. 4 Min	
Kalksand . .	75,9	— 4 — 44 —	
Gipserde . .	71,7	— 5 — 1 —	
Lettenartiger Thon	52,0	— 6 — 55 —	
Lehmartiger Thon	45,7	— 7 — 52 —	
Klayartiger Thon	34,9	— 10 — 19 —	
Reiner Thon .	31,9	— 11 — 17 —	
Feine Kalkerde .	28,0	— 12 — 51 —	
Humus . .	20,5	— 17 — 33 —	
Talkerde . .	10,8	— 33 — 20 —	
Gartenerde . .	24,3	— 14 — 49 —	
Ackererde von Hofwyl	32,0	— 11 — 15 —	
Ackererde vom Jura	40,1	— 8 — 58 —	

### Allgemeine Bemerkungen über diese Versuche.

1) Die Benennung eines hizigen oder kalten, trockenen oder nassen Bodens beruht vorzüglich auf dieser Eigenschaft der Erden, das aufgenommene Wasser in so verschiedenen Zeiten wieder abzugeben. Die Ursache dieser Verschiedenheit beruht theils auf der verschiedenen Anziehung der Erden zum Wasser, theils auf ihrer verschiedenen Fähigkeit die Wärme zu leiten, welche bei der Verdünnung des Wassers gebunden wird. Crome nannte aus dem letztern Grunde diese Eigenschaft der Erden überhaupt ihre wärmeleitende Kraft<sup>13)</sup>, welcher Benennung ich aber nicht bestimmen kann, indem diese Eigenschaft mehr auf der verschiedenen Anziehung der Erden zu dem Wasser, und auf der von der Erde aufgenommenen Wassermenge überhaupt, begründet ist, wie aus der Vergleichung dieser

13) Crome suchte die wärmeleitende Kraft der Erden so zu bestimmen, daß er die verschiedenen Erden auf durchnästen Papierfiltern auf gleicher Unterlage von Holz bei gleicher Temperatur trocknen ließ. (Siehe Hermbstädts Archiv der Agrikultur-Chemie, fünfter Band, S. 410.) Diese Methode hat aber das Unerträgliche und Unsichere, daß man ohne eine bestimmte Form die Erden nur sehr schwer auf eine gleiche Oberfläche ausbreiten kann, und man daher leicht über eine und dieselbe Erde sehr verschiedene Resultate erhält, wovon mich mehrere Versuche überzeugten; das verschiedene Trocknen der Papiere, die zugleich mitgewogen werden, muß diese Methode ebenfalls unsicher machen. Beides wird bei dem oben angegebenen Verfahren vermieden.

Resultate mit den über die wasserhaltende Kraft erhaltenen näher hervorgeht. <sup>14)</sup>

2) Sand und Gips trocknen am schnellsten unter allen Erden wieder aus; sie bilden daher den hitzigsten Boden.

14) In dem vor Kurzem erschienenen Archiv für Medizin, Chirurgie u. s. w. (Aarau, 1816) findet sich ein Aufsatz von Hrn. Prof. Thilo, „über das Verhältniß der Ausdünstung auf dem Meere und auf dem Lande“ nach welchem es wahrscheinlich wird, daß stellenweise die Ausdünstung auf dem Lande größer ist, als auf dem Meere, vorzüglich wenn wir zugleich das Pflanzenreich berücksichtigen; es wird dabei, in Ermangelung wirklicher Versuche mit Erden, einer Bemerkung von Saussure gedacht, daß Wasser mit Erde vermischt schneller verdünste als reines Wasser, welches Saussure (Essais sur l'hygrometrie, Neuchatel 1783. Ss. 257 — 261) aus einem Versuche von Wallerius über das schnellere Verdünsten des Kalkwassers folgerte. Nähere Versuche hierüber zeigten mir Folgendes: Ich ließ auf gleich großen Flächen Wasser und mit Wasser gesättigte Erden ruhig im Schatten verdünsten. Wenn ich die Oberfläche der befeuchteten Erde so vollkommen wie möglich verebnet batte, so betrug die Verdünnung von der Erde so viel als vom Wasser; sie betrug hingegen etwas mehr als vom Wasser, wenn ich die Erde uneben mit Erhöhungen und Vertiefungen auf dieselbe Fläche verbreitete, wie es im Großen immer mehr oder weniger der Fall ist. Im Verhältnisse, wie die Erde nach und nach ausgetrocknete, betrug die Verdünnung in gleichen Zeiten weniger. Dem Sonnenlicht ausgesetzt verdünste von durchnähten Erden mehr als vom Wasser; erstere, als

3) Die koblensaure Kalkerde zeigt auch hier wieder, je nach ihrer verschiedenen Form, große Verschiedenheit; der Kalksand bildet einen sehr hitzigen Boden, während die feinste pulverförmige Kalkerde die Feuchtigkeit sehr lange zurückbehält, selbst länger als der Thon; demungeachtet besitzt sie vor dem Thon den bedeutenden Vorzug, daß sie die Säure tilgt, chemisch auf den Humus einwirkt und locker bleibt.

4) Der Humus bildet im reinen Zustand, ohne Beimischung einer Erde, eine nasse schwammige Masse, welche die Feuchtigkeit lange zurückbehält.

5) Die Bittererde behält die Feuchtigkeit auffallend länger zurück als alle übrige Erden, bei nahe doppelt so lange als selbst reiner Humus; sie würde in ihrem reinen feinen Zustande einen sehr nassen kalten Boden bilden.

---

### Volumensverminderung durch das Austrocknen.

Die meisten Erdarten ziehen sich durch das Austrocknen in einen engern Raum zusammen; es entstehen dadurch oft Risse und Sprünge im Boden,

mehr dunkle undurchsichtige Körper, erhielten zugleich eine höhere Temperatur. Uebrigens fand diese größere Verdunstung nur kurze Zeit, nämlich nur so lange statt, als hinreichende Feuchtigkeit vorhanden war. Die weiter unten bei der Wärme anzuführenden Beobachtungen zeigen, wie sich diese Erscheinung im Großen abändert.

welche in hohem Grade selbst schädlich auf die Vegetation einwirken, indem die feinen Pflanzenwurzeln, welche der horizontalen Richtung sich mehr oder weniger nähern und den Pflanzen gerade die meiste Nahrung zuführen, dadurch theils von Erde entblößt, theils zerrissen werden. In einigen Gegenden bedient sich der Landmann selbst eines Mittels, die Güte eines Bodens zu prüfen, welche zum Theil auf dieser Eigenschaft der Erden begründet ist.<sup>15)</sup> Man gräbt im geschlossenen ungepflügten Lande eine Grube, und füllt sie wieder mit der ausgegrabenen Erde aus; lässt sich die Grube mit der ausgeworfenen Erde wieder vollkommen ausfüllen, und bleibt selbst von der Erde noch etwas übrig, so soll dieses ein Zeichen eines guten Bodens sein; im entgegengesetzten Fall aber, wenn sich die Grube kaum oder nicht mehr damit anfüllen lässt, soll dieses einen schlechten Boden andeuten.

Um diese Eigenschaft der Erden einer messenden Vergleichung zu unterwerfen, bediente ich mich folgenden Verfahrens:

Ich formte von den verschiedenen Erden in ihrem gleichförmig durchnähten Zustand gleich große regelmässige Stücke von zehn Linien Höhe, Länge und Breite, also tausend Kubiklinien Inhalt, ließ sie im Schatten im Zimmer in einer Temperatur, welche zwischen zwölf bis fünfzehn Grad wechselte,

15) Schon ältere Schriftsteller, Virgil, Columella, führen dieses Mittel an, die Güte eines Bodens zu prüfen.

langsam austrocknen: <sup>16)</sup> Ich ließ sie einige Wochen liegen, so lange bis sie nichts mehr an Gewicht verloren, und bestimmte nun ihre Größe durch Hilfe eines genauen Maasstabs, mit welchem ich jede Seite bis auf  $\frac{1}{10}$  Linie messen und sein Volumen dadurch berechnen konnte; ich erhielt folgende Resultate:

Erdarten.	1000 Kub. Lin. verminderten ihr Volumen bis auf	1000 Theile verminderten daher ihr Vo- lumen um
Feine kohlensaure Kalkerde	950 Kub. Lin.	50 Theile.
Lettenartiger Thon	940	60
Lehmartiger Thon	911	89
Klayartiger Thon	886	114
Reiner Thon	817	183
Kohlensaure Bittererde	846	154
Humus	800	200
Gartenerde	851	149
Ackererde von Hofwyl	880	120
Ackererde vom Gura	905	95

16) Durch höhere Temperaturen lässt sich zwar noch eine größere Volumensverminderung veranlassen; bekanntlich bediente sich so Wedgwood eines Würfels von Thon als eines Maasches und Thermometers für die höhern Temperaturgrade; je größer die Hitze ist, desto geringer wird sein Volumen. Zweckmässiger hielt ich es, hier bloß eine Temperatur anzuwenden, wie sie gewöhnlich in unserer Atmosphäre statt findet, um so mehr, da sich der Humus bei höhern Temperaturen verflüchtigt und kalkhaltige Erden in kausischen Zustand übergehen würden.

Quarzsand, Kalksand und Gips verminderten ihr Volumen gar nicht oder nur sehr unbedeutend; sie zerstören bei der leichtesten Berührung.

Allgemeine Bemerkungen über diese Versuche.

1) Der reine Humus erleidet unter allen Erdarten die größte Volumensverminderung durch das Austrocknen; er zieht sich um ein Fünftheil seines Volumens zusammen. Er erhält sein größeres Volumen wieder, so bald er befeuchtet wird. Hiermit stimmt eine Erscheinung zusammen, welche sich in humusreichen, feuchten Lorfriederungen zeigt; man bemerkt in solchen Gegenden nicht selten eine bedeutende Erhöhung der Erdoberfläche, welche vorzüglich auffallend wird, wenn nach vorausgangener feuchter Witterung strenge Kälte einfällt; das Erdreich wird dadurch nicht selten um mehrere Zolle erhöht; die Kristallisation des gefrierenden Wassers, welche immer mit einer Volumensvergrößerung verbunden ist, trägt zu dieser Erhöhung des Erdreichs hier noch mehr bei.

2) Unter den humusreinen Erden zeigt der Thon die größte Volumensverminderung durch das Austrocknen; durch Zusatz von Sand und Kalk vermindert sich diese Eigenschaft bedeutend.

3) Die Volumensverminderung durch das Austrocknen steht mit der wasserhaltenden Kraft der Erden in keinem gleichförmigen Verhältnisse, wie man etwa vermuten könnte. Die feine kohlensaurer Kalkerde besitzt eine sehr große wasserhaltende Kraft, dem ungeachtet beträgt ihre Volumensverminderung nur wenig; sie beträgt auf 1000 Theile nur 50.

während die des Thons bis auf 182 steigt. Eben so wenig steht diese Eigenschaft mit der Festigkeit und Konsistenz des Bodens in direktem Verhältnisse; der Humus besitzt eine weit geringere Konsistenz, als der Thon, dem ungeachtet ist seine Volumensverminderung durch das Austrocknen größer.

4) Das Zerfallen des Mergels unter dem Einflusse der Atmosphäre erklärt sich zum Theil aus dieser großen Verschiedenheit der Volumensverminderung, welchen Thon und feiner Kalk, die Bestandtheile des Mergels, durch die Feuchtigkeit erleiden; die einzelnen Theile werden dadurch in ihrem Gefüge und Zusammenhalt verändert, sie zerfallen.

5) Es erklärt sich hieraus zum Theil aber auch der vortheilhafte Einfluß des Kalkmergels vor der bloßen Beimischung des Sands zum Thon. Der feine Kalk vermindert die Konsistenz und Festigkeit des Bodens, während er zugleich eine große wasserhaltende Kraft und Lebensluftabsorption, chemische Wirkung auf Säure und Humus, besitzt, Fähigkeiten, welche der Sand nur in sehr geringem Grade und zum Theil gar nicht ersezten kann.

6) Das das oben erwähnte Mittel, durch Gräben einer Grube die Güte des Bodens zu beurtheilen, sehr trügen könne, geht von selbst aus diesen Untersuchungen hervor. Die Humusquantität einer Erde wird sich daraus nie mit einiger Genauigkeit beurtheilen lassen, da die verschiedene Menge von Thon, Kalk und Sand so bedeutend die Zusammenziehung der Erde abändern können. Nebrigens stimmt diese alte Regel im Allgemeinen

mit diesen Versuchen überein; eine humusreiche Erde, welche aus einer Grube frei an die Luft kommt, kann sehr leicht durch Absorption von Feuchtigkeit ein grösseres Volumen annehmen, welche nach den sogleich folgenden Versuchen bei humushaltigen Erden sehr bedeutend ist.

---

Über die Eigenschaft der Erden, in ihrem trockenen Zustand Feuchtigkeit aus der atmosphärischen Luft zu absorbiren.

Wie vortheilhaft diese Eigenschaft der Erden auf die Vegetation einfließen müsse, glaube ich hier nicht näher auseinandersehen zu müssen; sie wird vorzüglich bei trockener Witterung die Fruchtbarkeit eines Bodens sehr befördern, wo den Tag über eine so große Verdünnung statt findet, welche die Nacht hindurch zum Theil wieder durch Absorption ersetzt werden kann.

Um diese Eigenschaft der Erden einer vergleichenden Untersuchung zu unterwerfen, bediente ich mich einer einfachen Scheibe von dünnem Eisenblech (der in Vorigem erwähnten ähnlich), auf welche ich gleiche Quantitäten der verschiedenen Erden in eine gleiche Oberfläche verbreitete; bei 200 Gran trockener feiner Erde auf eine Fläche von 10 Pariser Quadratzollen, bei 1000 Gran Erde auf 50 Quadratzolle. Um diese Erde einer gleich stark mit Wasserdünsten versehenen Luft auszusetzen, brachte ich die Scheibe jedesmal auf einem kleinen Träger unter eine Glashölle von gleicher Größe.

bei 10 Quadratzoll Fläche unter eine Glocke von 30 Pariser Kubikzoll Inhalt, welche unten mit Wasser gesperrt war.

Nach 12, 24, 48 und 72 Stunden wog ich jedesmal genau die Erde mit der Scheibe, und erhielt dadurch die Quantität der absorbirten Feuchtigkeit; die Temperatur des Zimmers wechselte bei diesen Versuchen zwischen 12 — 15° R. Die Resultate derselben sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

### Absorption von Feuchtigkeit.

V.

Erdarten.	Fähigkeit, Feuchtigkeit zu absorbiren. 1000 Gran Erde in eine Fläche von 50 Quadr. Zoll verbreitet absorbirten			
	in 12 Std.	in 24 Std.	in 48 Std.	in 72 Std.
Quarzsand . .	0	0	0	0
Kalksand . .	2 Gr.	3	3	3 Gr.
Gipserde . .	1	1	1	1
Lettenartiger Thon	21	26	28	28
Lehmartiger Thon	25	30	34	35
Klayartiger Thon	30	36	40	41
Reiner Thon . .	37	42	48	49
Feine Kalkerde . .	26	31	35	35
Talkerde . .	69	76	80	82
Humus . .	80	97	110	120
Gartenerde . .	35	45	50	52
Ackererde von Hofwyl	16	22	23	23
Ackererde vom Jura	14	19	20	20

Allgemeine Bemerkungen über diese Eigen-  
schaft der Erden.

1) Die Erden absorbiren immer am meisten in den ersten Stunden; in dem Verhältnisse, als die Erden Feuchtigkeit aufgenommen haben, absorbiren sie weniger. Nach einigen Tagen hört gewöhnlich alle weitere Absorbtion auf; die Erden scheinen gesättigt zu sein. Sie absorbirten mehr bei Nacht als bei Tage, wahrscheinlich wegen der geringern Temperatur bei Nacht.

2) Der Humus absorbirt unter allen Erdarten die meiste Feuchtigkeit aus der atmosphärischen Luft, selbst mehr als die Bittererde.

2) Die Thonarten absorbiren desto mehr Feuchtigkeit, je weniger Sand sie enthalten; sie absorbiren übrigens nie so viel als der Humus.

3) Reiner Quarzsand und Gipserde sind die einzigen Erden, bei welchen ich gar keine oder nur unbedeutende Absorbtion von Feuchtigkeit bemerkten konnte: sie werden daher auch in dieser Hinsicht, wo sie überwiegen, einen sehr unfruchtbaren, trockenen, hizigen Boden bilden. Gebrannter Gips zeigt gerade das Gegentheil. Dieser absorbirt sehr viel; künstlich durch Schwefelsäure aus einer salzsauern Kalkauflösung durch Präzipitation erhaltenen absorbirt ebenfalls bedeutend; 1000 Gr. absorbirten in 24 Stunden 25 Gran. Den obigen hatte ich durch Zerstoßen und Pulverisiren aus weißem natürlichen Gips erhalten.

4) Obgleich zusammengesetzte Erden im Allgemeinen desto mehr Feuchtigkeit absorbiren, je mehr Humus sie enthalten, so lässt sich demungeachtet

die Fruchtbarkeit eines Bodens aus diesem Kennzeichen nicht hinreichend beurtheilen, weil auch feiner reiner Thon, feine Kalkerde und Bittererde ohne allen Humusgehalt sehr viele Feuchtigkeit absorbiren. In der obigen Tabelle sind einige Fälle dieser Art angeführt. Eine sehr fruchtbare Gartenerde von 7,2 Prozent Humusgehalt absorbirte in zwölf Stunden 35 Gran, eine fruchtbare Ackererde 16 Gran, während reiner unfruchtbare Thon in derselben Zeit 37, Kalkerde 26, und Bittererde 69 Gran absorbirten. <sup>17)</sup>

17) Davy sagt, in seinen Elementen der Agrikultur-Echemie, S. 209 der deutschen Ausgabe: „Ich habe das Vermögen, welches mehrere Arten von Ackererden besitzen, Feuchtigkeit zu absorbiren, verglichen, und stets gefunden, daß es in den fruchtbaren Erden am größten war, so daß dieses ein Kennzeichen von der Fruchtbarkeit des Bodens abgibt.“ Davy bestimmte ihre Absorption auf folgende Art: 1000 Theile der Erde wurden bei 212° Fahrenb. getrocknet, und eine Stunde lang einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft bei einer Temperatur von 62° Fahr. ausgesetzt; er erhielt folgende Resultate:

2000 Theile einer, 9 Prozent vegetabilischer Substanz enthaltenden, sehr fruchtbaren Ackererde von Ormiston	absorbirten . . . .	18 Gran.
2000 — eines fruchtbaren Bodens von den Ufern des Flusses Parret . . . .	16 —	
2000 — einer Ackererde von Bersea, wovon der Acre 45 Schilling wert war . . . .	13 —	
2000 — von Esseg, 28 Schilling wert . . . .	11 —	
2000 — grober Sand, 15 Schilling wert . . . .	8 —	
2000 — Heide von Bagshot . . . .	3 —	

5) Diese Fähigkeit der Erden steht zwar oft, jedoch nicht immer, in direktem Verhältnisse mit schwer wasserhaltender Kraft; eben so wenig steht sie immer im indirekten Verhältnisse mit ihrer Fähigkeit auszutrocknen, indem die verschiedene Oberfläche und das Volumen der Erde sehr viel hierauf einfließen.

### Never die Absorption der Lebensluft durch die Erden.

Schon vor mehrern Jahren machte Alexander von Humboldt<sup>18)</sup> auf diese merkwürdige Eigen-

Trommsdorff führt, in seinen Anfangsgründen der Agrikultur-Chemie, Gotha 1816, S. 97, ebenfalls diese Erfahrungen von Davy an.

Da Davy nicht die Fläche angibt, auf welche er die Erden bei diesen Versuchen ausbreitete, auch nicht ihre chemische Bestandtheile, so lassen sie sich nicht näher mit den obigen Versuchen vergleichen.

Dass fruchtbare Erden vorzüglich viele Feuchtigkeit absorbiren, und dass sich auch bei Ackererden, welche ähnliche chemische Bestandtheile haben und mehr bloß in Beziehung auf ihren Humusgehalt von einander verschieden sind, durch dieses Mittel auf ihre Fruchtbarkeit schliessen lasse, stimmt völlig mit meinen Versuchen überein; dass sich aber auf dieses Kennzeichen kein Fruchtbarkeitsmesser begründen lasse, geht deutlich aus den obigen Resultaten hervor.

18) Gilberts Annalen der Physik, erster Band, S. 512  
der ältern Folge.

schafft der Erden aufmerksam; später wurde sie von einigen Naturforschern bezweifelt. Ich unterwarf sie in Beziehung auf die im Großen vorkommenden Erden aufs neue einer näheren vergleichenden Untersuchung, und hoffe durch folgende Versuche die Ursache dieser verschiedenen Meinungen aufgefunden zu haben. Die Art, wie ich diese Untersuchungen anstelle, ist folgende:

Ich brachte von jeder Erde 200 Gran in ihrem trockenen und völlig befeuchteten Zustande in gleich große gläserne Flaschen, welche 3 Pariser Kubikzoll atmosphärische Luft von 21 Prozent Lebensluftgehalt enthielten; verschloß sie luftdicht<sup>19)</sup>, ließ sie bei einer mittlern Temperatur von 12 — 15° R. gleiche Zeiten stehen, und untersuchte alsdann die darüberstehende atmosphärische Luft auf ihren Gehalt an Lebensluft durch das Voltaische Endometer.

Um näher die Quantität der absorbirten Lebensluft mit der Quantität der absorbirten Feuchtigkeit vergleichen zu können, wandte ich größere Quantitäten von Erde und Luft an<sup>20)</sup>; ich brachte

19) Am reinsten geschieht diese Verschließung durch Glässtöpsel, die aussen verkittet und mit Wasser gesperrt werden können, indem durchnähter Kork selbst schon etwas Lebensluft absorbirt, wie mir dieses einige Versuche zeigten.

20) Es ließe sich gegen die obigen Versuche über die Absorption der Feuchtigkeit die Einwendung machen, daß auf obige Art nicht nur die Menge der absorbirten Feuchtigkeit, sondern auch die der Lebensluft

1000 Gran Erde in 15 Kubikzoll Luft, und berechnete alsdann aus dem Volumen der absorbirten Luft ihr Gewicht, wobei ich das Gewicht eines Kubikzolls Lebensluft = 0,42 Gran setzte. Bei der Bittererde allein konnte ich dieses Verhältniß nicht wegen ihrer großen Leichtigkeit beibehalten; ich nahm nur die Hälfte derselben in Vergleichung mit den übrigen Erden.

Die Resultate dieser Untersuchungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt; sie beruhen nicht auf einzelnen, sondern auf Mitteln von mehreren Versuchen.

zugleich mitgemessen würde; diese Versuche zeigten mir aber, daß die Menge der absorbirten Lebensluft dem Gewicht nach so wenig beträgt, daß sie in Vergleichung mit der der Feuchtigkeit nicht in Betracht kommt. Sie beträgt nur Grane und Theile derselben, während die der Feuchtigkeit bis auf Hunderte von Granen ansteigt. Hierzu kommt noch, daß bei trockenen Erden gar keine Lebensluftabsorption statt findet, und sie durch die Feuchtigkeit erst eingerichtet wird.

Absorption der Lebensluft durch die Erden.

VI.

Erdarten.	Gewicht pro Kubikzoll in Gramm	Im durchnässtem Zustand absorbierten 1000 Gr. Erde aus 15 Kubikzollern atm. Luft, welche 21 Prozent Lebensluft enthielt, in 30 Tagen		
		nach Prozentu	dem Volumen nach	dem Gewicht nach
Quarzsand . . . .	0	1,6	0,24	0,10
Kalksand . . . .	0	5,6	0,84	0,35
Gipserde . . . .	0	2,7	0,40	0,17
Lettenartiger Thon	0	9,3	1,39	0,59
Lehmartiger Thon	0	11,0	1,65	0,70
Klayartiger Thon .	0	13,6	2,04	0,86
Reiner Thon . . .	0	15,3	2,29	0,97
Feine Kalkerde . .	0	10,8	1,62	0,69
Humus . . . .	0	20,3	3,04	1,29
Talkerde . . . .	0	17,0	2,55	1,08
Gartenerde . . . .	0	18,0	2,60	1,10
Ackererde von Hofwyl	0	16,2	2,43	1,03
Ackererde vom Zura	0	15,0	2,25	0,95

1) Die Absorption der Lebensluft durch die Erden ist bedeutend verschieden, je nachdem sie in ihrem völlig trockenen oder durchnässtem Zustande sich befinden. Im erstern Falle findet keine Absorption statt<sup>21)</sup>; im letztern Falle findet sie allge-

21) Ich ließ einige Erden, reine Thonerden und fruchtbare Ackererde, sieben Monate lang in ihrem ausgekünsteten Hest.

mein bei den im Grossen beim Landbau vorkommenden Erden statt, wobei die einzelnen Erden selbst bedeutende Verschiedenheiten zeigten. Um sie völlig durchnässt anzuwenden, sättigte ich sie zuvor mit Wasser je nach dem verschiedenen Grade ihrer wasserhaltenden Kraft, welche mir aus den früheren Versuchen bekannt war.

2) Die Absorption der Lebensluft durch die Erden findet nicht nur in ihrem gewöhnlich durchnässt Zustande statt: sie geht auch dann noch von Statten, wenn die Oberfläche der Erden selbst mit einer dünnen Schichte von Wasser bedeckt ist, wo von mich eine eigene Reihe von Versuchen überzeugte. Ich wandte hierzu dasselbe Quantum Erde an, verschloss sie in gleiche Gefäße, und setzte soviel Wasser zu, bis jede Erde zwei Linien hoch mit Wasser bedeckt war. Die Absorption fand ebenfalls statt; auch hier absorbierten Gips und Sand nur sehr wenig, während Thon, Humus und Bittererde sehr viele Lebensluft absorbierten. Bloßes Wasser in gleicher Quantität und gleichen Gefäßen absorbierte in derselben Zeit nichts oder höchstens Theile von Prozenten.

Ich glaube diese Versuche hier besonders deswegen anführen zu müssen, weil durch sie dem Einwurf begegnet wird, als geschähe die Absorption nicht an und durch die Erden, sondern durch das

trockneten Zustand in einem Gefäß luftdicht eingeschlossen; bei ihrer Öffnung fand ich den Lebensluftgehalt noch wie zuvor: dieselben Erden befeuchtet, absorbierten die Lebensluft wie gewöhnlich.

Wasser. Das Feuchtigkeit die Absorption befördert und begünstigt, und daß sie durch Vermittelung des Wassers geschieht, ist allerdings richtig; woher aber diese Verschiedenheit der Größe der Absorption, bei gleicher Bedeckung mit Wasser, wenn nicht die Erden selbst bei diesem Prozesse verschieden wirksam wären?

2) Die größte Lebensluft-Absorption zeigt unter den gewöhnlichen Erden der Humus; ihm nähern sich die Thonarten; die geringste zeigt der Sand; fruchtbare humusreiche Erden absorbiren im Allgemeinen immer mehr, als andere an Humus und Thon ärmere. Die über diesen Erden stehende Luft wird nach und nach so arm an Lebensluft, daß sie sich im Eudiometer mit brennbarer Luft nicht mehr entzündet (ich mußte ihr noch Lebensluft zusehen, um sie zum Entzünden zu bringen); Lichter würden in ihr erloschen und Thiere erstickten.

4) Die Absorption der Lebensluft durch die gewöhnlichen Erden (mit Ausnahme des Humus) scheint übrigens mit keiner innigen chemischen Verbindung zu geschehen. Werden die Erden in erhöhter Temperatur (von 60 bis 70° R.) getrocknet, so absorbiren sie nachher unter denselben Umständen wieder aufs neue Lebensluft, so daß sich mit derselben Erde mehrere mal derselbe Versuch wiederholen läßt.

5) Der Humus zeigt sich in dieser Beziehung von den gewöhnlichen Erden bedeutend verschieden; er erleidet durch die Absorption der Lebensluft eine wirkliche chemische Veränderung, indem sich ein Theil seiner fühlchten Theile mit der Lebens-

Luft zu Kohlensäure verbindet, welche in die darüber stehende Luft übergeht, welches bei reinen Erden nie der Fall ist. Wird dieser Prozess lange fortgesetzt, während zugleich der Humus mit Wasser bedeckt ist, so geht seine braune Farbe nach und nach in eine schwarze über, und es bildet sich sogenannter verföhlter Humus. Es gelang mir auf diese Art im Kleinen eine Erscheinung zu erhalten, welche so oft im Großen in sumpfigen Gegen- den statt findet, wo sich nicht selten eine schwarze nasse sogenannte Torferde mit sauerem und verföhltem Humus findet, welche zuweilen selbst Phosphorsäure und Essigsäure enthält und für die Vegetation gewöhnlich untauglich ist.

6) Bei dieser Lebensluftabsorption durch die Erden findet eine wirkliche Volumensverminderung in der darüber stehenden Luft statt, nie eine Luftvermehrung, wie es etwa durch Wasserzersezung geschehen könnte; bei der Deffnung der Gefäße unter Wasser bemerkte ich ein schnelles Eindringen und Erhöhen des Sperrwassers. Um mich näher von dieser Volumensverminderung zu überzeugen, brachte ich die einzelnen Erden in Glassflaschen, deren oberes Ende ich durch eine abwärts gebogene feine Glassröhre mit Wasser sperrte; schon in wenigen Stunden konnte ich bei dieser einfachen Vorrichtung eine Volumensverminderung durch Erhöhen des Sperrwassers bemerken, bei derselben Temperatur und Schwere der umgebenden Luft; die Absorption währte mehrere Tage fort, so lange bis alle Lebensluft absorbirt war. Ob außer Lebensluft auch Stickluft und brennbare Luft von den Erdarten

absorbirt werden, soll eine meiner nächsten Untersuchungen sein; die Absorption von Stickluft, wenn anders eine statt finden sollte, scheint übrigens nicht bedeutend zu sein, da meine endometrischen Versuche bis jetzt gut mit dieser Volumensverminderung übereinstimmen.

7) Wärme und Kälte haben bedeutenden Einfluss auf die Stärke dieser Lebensluftabsorption. Ich verschloß mehrere gleiche Quantitäten der Hofwyler Ackererde in gleich große Gefäße; die in einer Wärme von  $15 - 22^{\circ}$  stehenden absorbirten schneller die Lebensluft, als die in einer geringern Temperatur von  $8 - 10^{\circ}$  in einem Keller; gefrorene und mit einer dünnen Eisschichte überzogene absorbirten in zwanzig Tagen gar nichts, so wenig als völlig trockene Erden.

8) Die im Sonnenlicht stehenden zeigten mir eine merkwürdige Erscheinung. Ich hatte absichtlich über der Oberfläche der Erde einige Linien hoch Wasser stehen lassen; in Zeit von acht Tagen fand ich (im September) bei anhaltend heiterer Witterung die Oberfläche des Wassers mit der sogenannten Priestleyschen Materie (kleinen Konferven) bedeckt. Mit ihrer Bildung nahm die Quantität der Lebensluft in der darüberstehenden atmosphärischen Luft wieder zu; ich erhielt in einigen Tagen eine absolute Vermehrung der Lebensluft; in vierzehn Tagen hatte sie sich von 21 Prozent bis 28 Prozent vermehrt. Im Oktober wiederholte ich diese Versuche, die öfters wiederkehrende trübe Witterung war ihnen aber nicht mehr günstig. Ich bemerkte zwar nach zehn Tagen unter anfängender

Bildung der Priestlerschen Materie ebenfalls einige Lebensluftzunahme; mit der länger eintretenden trüben Witterung nahm aber ihre Bildung nicht weiter zu, und die Lebensluft selbst wurde wieder wie gewöhnlich bei den Erden absorbirt. Bei allen diesen Versuchen verschloss ich immer gleiche Quantitäten Erde in mehrere Gefäße, so daß ich alle vier oder fünf Tage eine vergleichende Analyse mit den im Schatten und Sonnenlicht stehenden vornehmen konnte.

In dem folgenden Sommer wiederholte ich diese Versuche. Ich brachte gleiche Quantitäten von Erde in vierzehn gleich große Gefäße, in allen überdeckte ich die Erde eine Linie hoch mit Wasser. Sieben davon setzte ich ins Freie, so daß das Sonnenlicht bei heiterer Witterung täglich gegen acht Stunden lang darauf einwirken konnte; die sieben übrigen stellte ich in Schatten; in sieben andere brachte ich völlig getrocknete Erde. Den 1 Mai verschloß ich alle Gefäße luftdicht; ich erhielt folgende Resultate:

Tag der Unter- suchung	Lebensluft- gehalt			Bemerkungen.
	über trockn. Erde	über feuchter Erde	im Schatt.	
1 Mai	21,1	21,1	21,1	Die Gefäße wurden luftdicht geschlossen.
25 Mai	21,1	13,6	22,6	Die Witterung war seither mehr trüb als heiter, so daß sich kaum eine Priestleysche Materie zu bilden anfing.
3 Juni	21,1	7,6	23,2	Wenige heitere Tage.
13 Juni	21,1	4,2	25,6	Die Priestleysche Materie hatte sich seither etwas vermehrt.
3 Juli	21,1	0	27,0	Einzelne heitere Sommertage, vermehrte Konferven.
15 Juli	21,1	0	22,8	Größtentheils trübe, oft rauhe nasse Witterung.
9 August	21,1	0	28,1	Seit vier Tagen sehr heitere schöne Sommerwitterung.

Diese Versuche zeigen, wie auffallend verschieden sich diese Lebensluft-Absorbtion, je nach den Umständen abändert; es erklärt sich vielleicht zum Theil hieraus, warum einzelne Naturforscher verschiedene Resultate erhielten. Sie zeigen aber aufs

Neue, daß wir der Einwirkung des Lichts auf die Vegetation vorzüglich die Wiedererzeugung der Lebensluft für unsere Atmosphäre zu danken haben.

8) Um die Lebensluft-Absorption durch eine dünne Wasserschicht hindurch weiter zu verfolgen, verschaffte ich mir eine eisenhaltige Auflösung von Kalkerde in Salzsäure aus einem blauen Kalkmergel, aus der ich durch Kohlensaures Kali die Kalkerde und das Eisenoxyd zugleich präzipitiert hatte; ich erhielt einen weißgrauen Niederschlag, von welchem ich aus früheren Versuchen wußte, daß er sich, frei an der Luft liegend, durch weitere Oxydation des Eisens bald röthete.

Ich brachte gleiche Quantitäten dieses Niederschlags in mehrere gleich große zylindrische Gefäße, überdeckte sie mit verschiedenen Quantitäten von Wasser von einigen Linien bis fünf Zoll Höhe; einige dieser Gefäße verschloß ich luftdicht, während sie zugleich noch hinreichend Luft zur Absorption enthielten; andere verschloß ich völlig mit Wasser gefüllt ohne alle Luft. Ich beobachtete Folgendes:

Die nur einige Linien hoch mit Wasser überdeckten Erden erhielten schon in vierundzwanzig Stunden auf ihrer Oberfläche eine rothe Farbe als Folge der Oxydation; die Tiefe dieser gerötheten Schicht nahm täglich mehr zu, und erreichte nach und nach in sechs Wochen eine Breite von anderthalb Linien. Je breiter sie wurde, desto langsamer schien die Oxydation weiter in die Tiefe zu dringen; nach drei Monaten betrug sie bis zwei Linien an Tiefe. Die zwei bis fünf Zoll hoch mit

Wasser überdeckten Erden erhielten erst mehrere Tage später auf ihrer Oberfläche eine schwache Färbung, welche langsam tiefer ging; die bloß mit Wasser überdeckten, luftdicht von der atmosphärischen Luft abgeschlossenen Erden zeigten keine Spur von Oxydation; selbst nach drei Monaten konnte ich nichts davon bemerken. Bei den zum Theil mit Wasser und grössten Theils mit Luft erfüllten, oben geschlossenen Gefäßen röthete sich die Erdoberfläche ebenfalls, jedoch bedeutend weniger, wenn das Gefäß nur wenig Luft enthielt; zugleich verminderte sich die darüberstehende Luft; ihre Lebensluft wurde absorbiert, wie mir dieses nachher die eudiometrische Prüfung zeigte. Von einer Wasserzersezung und brennbaren Luftentwicklung konnte ich nichts bemerken.

Diese Versuche zeigen deutlich die Oxydation der Erden und Durchdringung der Lebensluft selbst durch eine dünne Wasserschicht hindurch, eine Erscheinung, welche sich bei der Oxydation des Blutsfuchens durch das über ihm stehende Serum und selbst durch thierische Häute wohl auf ähnliche Art nachweisen ließe; sie machen es aber zugleich auch wahrscheinlich, daß die Absorption der Lebensluft durch die Ackererde außer dem Humus vorzüglich durch die immer in ihnen sich findenden Eisenoxyde veranlaßt werde. Es erklärt sich zugleich aus diesen Versuchen, warum ich oben mit der selben Erde wiederholt denselben Versuch der Lebensluftabsorption anstellen konnte; die Oxydation dringt nur sehr langsam tiefer, und nur die oberste Schicht der angewandten Erde scheint sich mit Lebensluft

zu verbinden, so daß bei einem zweiten und dritten Versuch noch Erde genug zur Absorption vorhanden ist, abgesehen davon, daß sich beim Trocknen wieder Lebensluft verflüchtigen könnte; da diese Versuche nur mit befeuchteten Erden gelingen.

9) Um mich näher zu überzeugen, in wie fern Humustheile und Metalloxyde auf diese Lebensluftabsorption einfließen, verschaffte ich mir folgende Erdarten: 1) eine gewöhnliche fruchtbare Gartenerde; 2) dieselbe Erde von den in Wasser und Kali auflöslichen Humustheilen durch wiederholtes Kochen mit Kali auflösung gereinigt; 3) dieselbe Erde eine halbe Stunde lang im offenen Tiegel unter anhaltendem Umrühren gegläüht (Humus, Pflanzenfasern und Kohle verflüchteten sich dadurch, und die Erde erhielt eine hellrothe Farbe durch Erhöhung der Oxydation ihres Eisenoxyds; 4) gewöhnlicher Lehm; 5) derselbe Lehm gegläüht (er erhielt dadurch eine hochrothe Farbe); 6) Thonerde weiß durch Präzipitation aus reiner Alannauflösung vermittelst Kali erhalten; 7) dieselbe Thonerde zuvor gegläüht und von Eisenkalk gereinigt; 8) gewöhnlich weiße Kalkerde, etwas eisenhaltig; 9) weißer Cararischer Marmor pulverisiert; 10) derselbe gegläüht; 11) gewöhnliche weiße Kohlensaure Bittererde; 12) dieselbe zuvor gegläüht; 13) gewöhnlicher weißer Gips, etwas eisenhaltig; 14) derselbe zuvor gegläüht. Der Lebensluftgehalt der in die Gefäße eingeschlossenen atmosphärischen Luft war 21,1 Prozent. Ich erhielt folgende Resultate:

Erdarten befeuchtet.	Lebensluft- gehalt nach 28 Tagen.
Fruchtbare Gartenerde . . .	10,4 Proz.
Dieselbe vom auflöslichen Humus rein	17,0
Dieselbe zuvor gebrüht . . .	20,9
Gewöhnlicher gelblicher Lehm . . .	18,1
Derselbe zuvor gebrüht . . .	21,0
Weisse feine Thonerde . . .	16,3
Dieselbe zuvor gebrüht . . .	21,1
Gewöhnliche weisse Kalkerde . . .	17,1
Weisser Cararischer Marmor . . .	20,9
Derselbe zuvor gebrüht . . .	21,0
Gewöhnliche weisse kohlensaure Bittererde	13,8
Dieselbe zuvor gebrüht . . .	21,1
Gewöhnlicher weisser Gips, etwas eisenhaltig	19,8
Derselbe zuvor gebrüht . . .	20,9

Die gewöhnliche Kalkerde enthält fast immer Eisen; selbst der weisse cararische Marmor und kristallisierte Kalkspat sind nicht frei davon. Bei den Thonarten, selbst wenn sie weiß sind, ist dieses noch mehr der Fall; Thon und Alau sind nur schwer völlig von Eisen zu reinigen.

Es wird aus diesen Versuchen sehr wahrscheinlich, daß die gewöhnlich beim Landbau vorkommenden Erden ihre Fähigkeit, die Lebensluft zu absorbiren, theils Eisenoxyden, theils Humustheilen zu danken haben, zwei Substanzen, welche sich in jeder Ackererde finden; durch Glühen werden die erstern in erhöhten Oxydationszustand gebracht und die letztern am sichersten verflüchtigt, so daß

die Lebensluftabsorption aus einem doppelten Grunde nach dem Glühen nicht mehr oder nur in sehr geringem Grade statt finden kann.

10) Ausser dieser durch das Eisenoxyd und den Humus vermittelten, mehr chemischen, Absorption von Lebensluft scheinen aber die Erden zugleich noch auf eine andere mehr physikalische Art die Lebensluft zu absorbiren, welche sich mehr an Abhäsion als eigentlich chemische Verbindung anschliesst. Mehrere der obigen Erden zeigten mir noch immer eine Lebensluftabsorption, obgleich ich weder Humus noch Eisenoxyd in ihnen entdecken konnte; die durch ihre Lockerheit sich auszeichnende Bittererde zeigte dieses in auffallendem Grade. Diese Erscheinung schliesst sich an die vor wenigen Jahren von Theodor v. Saussure angestellten merkwürdigen Versuche, denen zufolge<sup>22)</sup> die meisten lockern Körper die Fähigkeit besitzen, Luftparten zu absorbiren und in sich zu verdichten, ohne sie gerade chemisch mit sich zu verbinden; poröse zusammenhängende Körper lassen bei verminderter Druck der Luft die absorbirten Luftparten wieder unverändert von sich. Nuhland zeigte vor Kurzem<sup>23)</sup>, daß ausser den Erden viele Körper, welche auch keine oxydirbare Stoffe enthalten, die Fähigkeit besitzen, die Lebensluft vorzugsweise zu absorbiren, vorzüglich unter Vermittelung von Feuchtigkeit oder in höherer Temperatur. Durch Glühhitze verlieren sie diese Fähigkeit, sättigen sich gleichsam mit Lebens-

22) Gilberts Annalen der Physik, Bd. 47 S. 113.

23) Schweiggers Journal der Chemie, Bd. 18 S. 30.

Luft, erlangen aber wieder diese Fähigkeit, wenn sie einige Zeit an der Luft liegen. Die Körper scheinen nach diesen Versuchen im Stande zu sein, nachdem sie schon eine chemische Verbindung eingegangen haben, noch über diese hinaus zu wirken, und eine neue weitere Anziehung zu äussern, welche aber doch nicht hinreichend ist, ein neues chemisches Produkt, eine höhere Oxydationsstufe, zu begründen.

Ich behalte im Allgemeinen die obigen Resultate der ersten Zusammenstellung bei, weil wir im Grossen beim Landbau nicht mit chemisch-reinen Präparaten, sondern mit obigen Hauptarten zu thun haben, und diese immer mehr oder weniger Lebensluft absorbiren, wovon mich einige hundert seit zwei Jahren wiederholt angestellte Versuche überzeugten.

Erscheinungen, welche sich aus dieser Lebensluftabsorption erklären.

1) Es ist durch eine Menge Thatsachen erwiesen, daß die Lebensluft eine der wichtigsten Rollen in der thierischen und Pflanzenökonomie spielt, daß sie die Entwicklung der organischen Theile, insbesondere (nach Gaußsures und Decandolle's Beobachtungen) die Keimung der Samen beschleunigt; durch Bearbeitung, Pflügen und Auflockern, des Bodens werden abwechselnd andere Erdschichten mit der Luft in Verührung gebracht und durch Lebensluftabsorption gleichsam befruchtet. Es scheint dieses um so nöthiger zu sein, indem die Lebens-

Luft nur langsam tiefer als einige Linien nach obigen Versuchen eindringt.

2) Vergleicht man verschiedene Lagen und Schichten von Ackererden, so bemerkt man immer, daß die tiefer liegenden weniger fruchtbar sind als die, welche unmittelbar mit der Atmosphäre in Berührung stehen, und daß es einige Zeit bedarf, um solche Erden, wenn sie auch übrigens chemisch in dem gehörigen Verhältnisse zusammengesetzt sind, zu einem gehörigen Ertrag zu bringen; bei neuen Umbrüchen oder bei zuvor fruchtbaren Erden, über welche zufällig lange Zeit andere Körper zu liegen kamen und den freien Luftgenuss abhielten, bemerkt man diese Erscheinung oft in einem auffallenden Grade.

3) Es erklärt sich zum Theil hieraus, warum Thon und humushaltige Erden, wenn sie zugleich die gehörige Lockerheit besitzen, gewöhnlich die fruchtbarsten sind; die Lebensluftabsorption wird bei ihnen vorzüglich leicht vor sich gehen.

4) Es erklärt sich hieraus die Erleichterung, welche man bei Lungen-süchtigen bemerkt haben will, wenn sie die über frisch gepflügten Ackeru befindliche Luft einathmen, oder wenn große Haufen fruchtbare Gartenerden an ihre Betten gebracht werden; eine solche Luft muß verhältnismäßig weniger Lebensluft und dagegen mehr Stickluft und kohlensaurer Luft als gewöhnliche Luft enthalten.

5) Eine wichtige Folge dieser Lebensluftabsorption durch die Erden ist die Entstehung der erstickenden Luftarten, der sogenannten bösen Wetter in

unterirdischen Behältnissen und Bergwerken; es wird sich in diesen Stickluft anammeln, wenn die umgebenden feuchten Erdschichten (vorzüglich Thonarten) die Lebensluft absorbiren; es wird sich zugleich Kohlensaure Luft bilden, wenn diese Erdschichten humus- und Kohlenhaltig sind, wie bei Kohlenblende und Steinkohlen dieses der Fall ist, und es wird sich sogar brennbare Luft und Knallluft erzeugen, wenn die Lebensluftabsorption mit einer Wasserzersezung (durch Metalle veranlaßt) verbunden ist.

6) Die Bildung des Salpeters und der Salpetersäure findet vorzüglich in den untern Schichten der Atmosphäre statt; sie ereignet sich insbesondere in humushaltigen Thonschichten: man errichtet in einigen Gegenden ganze Schichten und Mauern von Thon, um diese Salpeterbildung zu befördern. Die Kalkerde, welche bei dieser künstlichen Salpeterbildung mit Vortheil zugesezt wird, trägt zur schnelleren Zersetzung der thierischen Theile bei, während die Thonerden vorzüglich die Lebensluftabsorption befördern können; wahrscheinlich wird dieses, weil Stickluft theils in der atmosphärischen Luft, theils in den faulenden thierischen Substanzen in hinreichender Menge vorhanden ist, während sich die Salpetersäure vorzüglich durch ihren starken Gehalt an Lebensluft auszeichnet.

## Über die wärmehaltende Kraft der Erden (spezifische Wärme).

Ich verstehe hier unter wärmehaltender Kraft der Erden die verschiedene Menge von Wärme, welche sie bei derselben Temperatur der umgebenden Luft in sich aufnehmen können, und welche sie, in eine niedrigere Temperatur gebracht, mehr oder weniger lang zurückbehalten. Ich stellte über diesen Gegenstand mehrere Versuche an: 1) durch Vermischen der Erden mit verschiedenen erwärmtem Wasser; 2) durch Lavoisiers Kalorimeter; 3) durch Erwärmung gleicher Quantitäten bis auf einen gleichen Temperaturgrad, und Beobachtung der Zeit, welche nöthig war, um wieder bis auf denselben Grad zu erkaltet. Die zwei ersten Methoden haben in der Anwendung bei vergleichenden Versuchen viele Schwierigkeiten; die Erden selbst besitzen zu dem Wasser bedeutend verschiedene Anziehung, und verbinden sich nicht mit der gleichen Geschwindigkeit beim Vermischen mit demselben; bei Lavoisiers Kalorimeter sollte man immer gleiche Temperatur der verschiedenen Erden, gleich feines Eis, oder gleich stark im äußern Gefäß zusammengedrückten Schnee besitzen, welcher das geschmolzene Wasser in sich zum Theil aufnimmt, und wo möglich gleiche niedrige Temperatur der äußern umgebenden Luft anwenden können. Ich blieb so bei der letztern dritten Methode, welche sich mit weniger Schwierigkeiten vergleichend bei den Erden

anwenden läßt. <sup>24)</sup> Ich verglich die Erden alle bei gleichen Quantitäten dem Volumen nach, indem mir diese Vergleichungsart bei den Erden im Großen die einzige richtige zu sein scheint; ich

24) Dalton nimmt die verschiedenen Seiten des Erkaltens genau der spezifischen Wärme der Körper entsprechend an (siehe dessen System des chemischen Theils der Naturwissenschaft, 1812, S. 68). Prof. Mayer zu Göttingen nimmt an, daß die Seiten, in denen zwei Körper um gleich viel Grade erkalten, sich beinahe verhalten, wie die Produkte aus ihren Massen in die spezifische Wärme (siehe dessen Naturlehre, dritte Ausgabe, 1812). Langsdörff unterscheidet (in seinen Grundlehren der mechanischen Wissenschaften) das Selbstleitungsvermögen von ihrem Ableitungsvermögen. Ein Körper ist ein desto besserer Selbstleiter für Wärme, je kürzer die Zeit ist, welche er bei gleichem Volumen unter sonst gleichen Umständen braucht, um von einer bestimmten höhern Temperatur sich zu einer bestimmten niedern abzufühlen. Ein besserer Selbstleiter ist allemal ein schlechterer Ableiter, und umgekehrt. Hofrath Böckmann zu Karlsruhe stellte eine schäßbare Reihe von Versuchen über dieses Ableitungsvermögen der Körper für Wärme an; sie bestätigen die Verschiedenheit zwischen Ableiter und Selbstleiter (dessen Preisschrift über Wärmeleitung, 1812). Der Sand hat im Vergleichung mit den übrigen Erden nach diesen verschiedenen Benennungen das geringste Selbstleitungsvermögen, das größte Ableitungsvermögen, die geringste spezifische Wärme in gleichen Quantitäten dem Gewicht nach, die größte spezifische Wärme in gleichen Quantitäten dem Volumen nach. Ich begreife die auf obigem Wege erhaltenen Resultate unter  
Fünftes Heft.

erhielt für den Sand durch die drei oben erwähnten Methoden bei gleichen Quantitäten dem Volumen nach die größte spezifische Wärme in Vergleichung mit den übrigen Erden.

Zur Bestimmung dieser wärmehaltenden Kraft bediente ich mich näher folgenden Verfahrens: Ich brachte die einzelnen bis auf  $50^{\circ}$  R. erwärmten Erden in ein reguläres Gefäß von dreißig Pariser Kubikzoll Inhalt, in dessen Mitte ein empfindliches Thermometer befindlich war, und bemerkte die Zeit, welche die einzelnen Erden nöthig hatten, um von  $50^{\circ}$  R. bis  $17^{\circ}$  R. zu erkalten; die Temperatur des Zimmers war  $+13^{\circ}$  R. Aus der verschiedenen Länge der Zeit, welche die Erden zu ihrer Abführung nöthig hatten, erhielt ich so ihre verschiedene wärmehaltende Kraft; ich setzte die des Sandes  $= 100,0$ , und reduzierte hierauf die übrigen. Die Resultate dieser Versuche sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

wärmehaltender Kraft der Erden, weil mir diese Bezeichnung die Sache näher zu bezeichnen scheint, und dem Landmann verständlicher ist; ich nannte sie nicht blos spezifische Wärme, weil auf diese zugleich die Leistungsfähigkeit der Körper für Wärme einzusießen scheint, und diese wärmehaltende Kraft es eigentlich ist, wodurch sich die Erden im Großen in ganzen Feldern am meisten unterscheiden.

Wärmehaltende Kraft der Erden.

VII.

Erdarten.	Wärme- haltende Kraft, die des Kalk- sands = 100,0 gesetzt.	Länge der Zeit, welche 30 Kubikzoll der Erde nöthig hatten, um von 50° R. bis 17° R. zu erkalten, bei einer Temperatur der Luft von 13° R.
Kalksand . . .	100,0	in 3 Std. 30 Min.
Quarzsand . . .	95,6	— 3 — 27 —
Gipserde . . .	73,8	— 2 — 34 —
Lettenartiger Thon	76,9	— 2 — 41 —
Lehmartiger Thon	71,8	— 2 — 30 —
Klayartiger Thon	68,4	— 2 — 24 —
Reiner Thon . . .	66,7	— 2 — 19 —
Feine Kalkerde . . .	61,8	— 2 — 10 —
Humus . . .	49,0	— 1 — 43 —
Talerde . . .	38,0	— 1 — 20 —
Gartenerde . . .	64,8	— 2 — 16 —
Ackererde von Hofmvt	70,1	— 2 — 27 —
Ackererde vom Jura	74,3	— 2 — 36 —

Allgemeine Bemerkungen über diese Versuche.

1) Der Sand, sowohl Kalk-, als Quarzsand, wenn wir ihn in gleichen Quantitäten dem Volumen nach mit andern Erden vergleichen, besitzt die größte wärmehaltende Kraft; hat er eine gewisse Temperatur erlangt, so behält er diese bedeutend länger als andere Erden. Es erklärt sich hieraus

die grössere Trockenheit und Hitze, welche Sand-  
gegenden im Sommer besitzen; selbst nach Sonnen-  
untergang müssen solche Gegenden noch länger eine  
höhere Temperatur behalten als andere; die geringe  
Quantität von Wasser, welche ein Sandboden auf-  
nimmt, muss zur Erhitzung desselben noch mehr  
beitragen, indem auf ihm durch Verdunstung zu-  
gleich weniger Wärme verzehrt wird.

2) Der Humus hat unter den gewöhnlichen  
Bestandtheilen des Bodens die geringste wärme-  
haltende Kraft, wenn wir gleiche Volumina mit  
einander vergleichen; hingegen eine sehr große,  
wenn wir gleiche Quantitäten dem Gewicht nach  
vergleichen.

3) Die Talserde macht auch hier wieder eine  
Ausnahme von den gewöhnlichen Erden; sie steht  
in jeder Hinsicht auf dem Extrem.

4) Die wärmehaltende Kraft der Erden, wenn  
wir gleiche Quantitäten dem Volumen nach mit  
einander vergleichen, steht so ziemlich in direktem  
Verhältnisse mit ihrem Gewicht, so daß wir aus  
einem großen Gewicht mit ziemlicher Sicherheit  
auf eine grössere wärmehaltende Kraft schliessen  
können. Der Sand in Vergleichung mit allen  
übrigen Erden zeigt dieses auffallend; auch bei  
dieser Vergleichung ist es aber nöthig, nicht bloß  
das spezifische Gewicht, sondern das eines bestim-  
ten Volumens zu vergleichen.

---

## Über die Erwärmung der Erden durch das Sonnenlicht.

Die verschiedenen Erdarten werden verschieden stark von den Sonnenstrahlen erwärmt, welches für die Vegetation vorzüglich im Frühjahr, wo die Erdoberfläche noch nicht durch Blätter beschattet ist, von großer Wichtigkeit sein muss. Die Benennungen eines kalten oder hizigen Bodens beruhen zum Theil hierauf. Wenn gleich der Landmann mit diesen Benennungen nicht gehörig bestimmte Begriffe bezeichnet, so sind sie dennoch wirklich in der Natur begründet. Ein Boden, welcher aus einem hellgefärbten feuchten Thon besteht, wird weit langsamer und schwächer durch das Sonnenlicht erwärmt, als ein dunkelgefärbter trockener Sandboden; selbst nach Graden des Thermometers lässt sich dieses nachweisen. Schwarze humusreiche Gartenerde wird immer stärker erwärmt, als magere Kalk- oder Thonerde.

Die Stärke der Erwärmung der verschiedenen Erden hängt vorzüglich von folgenden vier Umständen ab:

- 1) Von der verschiedenen Farbe der Erdoberfläche.
- 2) Von dem verschiedenen Quale der Erde.
- 3) Von dem verschiedenen Grade der Feuchtigkeit, in welchem die Erde sich gerade befindet, wenn sie dem Sonnenlicht ausgesetzt wird.
- 4) Von dem verschiedenen Winkel, in welchen die Sonnenstrahlen auf die Erde auffallen.

Von jedem dieser Umstände insbesondere Folgendes :

1) Um näher den verschiedenen Einfluß der Farbe der Erdoberfläche auf die Erwärmung durch das Sonnenlicht zu verfolgen, stellte ich folgende Versuche an. Ich brachte von den verschiedenen Erden gleich große Quantitäten in gleich große Gefäße von vier Quadratzoll Fläche und einem halben Zoll Tiefe, in deren Mitte auf dem Grunde unter der Erde ich die Kugeln von kleinen correspondirenden Thermometern befestigt hatte; durch sie konnte ich die Temperatur-Erhöhung bis  $\frac{1}{10}$  Grad R. bemerken. Eines dieser Gefäße setzte ich mit natürlich gefärbter Oberfläche dem Sonnenlicht aus; bei dem zweiten färbte ich die Oberfläche schwarz durch Überstreuen einer feinen Schicht von gepülvertem Kienrus vermittelst eines Florsiebs; bei dem dritten weiß durch feine schneeweisse Bittererde. Ich ließ sie jedesmal gleiche Zeiten bei vollkommen heitem Himmel dem Sonnenlicht ausgesetzt (in den Sommermonaten zwischen 11 und 3 Uhr gewöhnlich eine Stunde). Allgemein zeigte sich bei schwarzer Oberfläche eine bedeutend höhere Temperatur. Die Temperatur des weiß gefärbten Thons erhöhte sich durch das Sonnenlicht um 13,0 Grade (von 20 — 33,0° R.), während die Temperatur eines gleichen Quantum's derselben Thons mit schwarzer Oberfläche sich in der gleichen Zeit um 19,1 Grade erhöhte; setze ich die Temperaturerhöhung der weißen Kiferde von 13,0 Graden = 1, so veranlaßte hier die schwarze Farbe eine heinähe um die Hälfte größere Temperaturerhöhung

$(\frac{13,0}{2} = 6,5)$ , und  $13,0 + 6,5 = 19,5$ ; der Versuch gab 19,1). Diese größere Temperaturerhöhung durch schwarze Oberflächen veranlaßt ist nicht bloß vorübergehend, sondern bleibt anhaltend größer, so lange die Sonnenstrahlen auf die Erden einwirken. Ich ließ stundenlang dieselben Erdarten mit weißer und schwarzer Oberfläche dem Sonnenlicht im Sommer während der Mittagshitze ausgesetzt; die weiße Erdoberfläche behielt anhaltend eine geringere, die schwarze eine höhere Temperatur.<sup>25)</sup> Es gründet sich hierauf das Bestreuen des Schnees mit Asche und Erde, welches in einigen Gegenden im Frühling angewandt wird, um den Schnee schneller zum Schmelzen zu bringen; obgleich die Asche selbst schon eine helle Farbe besitzt, so läßt sie dem ungeachtet im Gegensatz zu dem weiß glän-

25) Es wurde aus diesem Grunde angerathen, die Mauern oder Wände, an welchen man Obst zieht, schwarz anzustreichen, indem solche Wände im Sonnenlicht eine bedeutend höhere Temperatur annehmen. Lampadius in Freiberg machte hiervon vor Kurzem eine glückliche Anwendung; es gelang ihm in dem kühlen Sommer 1813 im Klima des Erzgebirges reife Melonen in einem freien unbedeckten Kasten mit Erde zu erziehen. Die Oberfläche der Erde war zwei Zoll hoch mit gröblich verkleinerten Kohlen bedeckt, wodurch zur Zeit der Mittagssonne die Kohle auf der Erde gewöhnlich eine Temperatur von 30 bis 38 Graden erhielt, wenn auch das Thermometer im Schatten nur 12 bis 16 und in der Sonne 20 bis 30 Grade zeigte. (Erfahrungen im Gebiete der Chemie und Hüttenkunde von Lampadius. Weimar 1816. S. 173.)

zenden Schnee schon bedeutend mehr Wärme auf sich erwecken, wie mir dieses nähere Versuche zeigten.

2) Um die verschiedenen Erden miteinander vergleichen zu können, stellte ich gleichzeitige Versuche an, welche ich unter verschiedenen Abwechslungen mit weißer und schwarzgefärbter Oberfläche mehrmal wiederholte. Da es nicht möglich war, sie alle zugleich zu beobachten, so bediente ich mich als Vergleichungspunkt jedesmal der Temperatur des Sandes, und brachte dann die nöthigen Korrekturen an, wenn sich dieser mehr oder weniger als gewöhnlich erwärmt hatte. Ich wählte nach einem Mittel mehrerer Beobachtungen die Temperatur von  $35,8^{\circ}$  R., weil er diese an heitern Sommertagen zwischen 11 bis 3 Uhr bei einer Temperatur der Luft von 18 bis  $20^{\circ}$  R. auch in unserm Klima nicht selten schon in einer Stunde annimmt. An einzelnen heißen Sommertagen steigt seine Temperatur oft noch bedeutend höher. Wie bedeutend verschieden die Temperatur der obersten Erdschichten in Vergleichung mit der Temperatur der Luft ist, zeigen die sogleich anzuführenden Beobachtungen.<sup>26)</sup>

26) Die genauesten Beobachtungen über die Erwärmung der Körper durch das Sonnenlicht verdanken wir Hrn. Prof. Böckmann in Karlsruhe in seiner gekrönten Preisschrift 1811. Sie enthält auch einzelne Versuche mit Erden, deren Resultate der Hauptsache nach mit den von mir erhaltenen übereinstimmen; auch diese Versuche zeigen, daß die Körper durch das Sonnenlicht verschiedene Temperaturen annehmen, wenn sie auch gleich dieselbe Farbe besitzen. Um schwarzen Zu-

3) Die verschiedene Menge von Feuchtigkeit spielt sehr bedeutend auf die Fähigkeit der Erden ein, von den Sonnenstrahlen erwärmt zu werden. Befeuchtete Erden zeigten mir anhaltend eine um mehrere Grade geringere Temperatur, als trockene Erden derselben Art; diese geringere Temperatur erhält sich selbst im Sonnenlicht so lange, bis die Feuchtigkeit verdünnt ist. Dass die zur Verdunstung des Wassers verwandte Wärme die Hauptursache dieser Erscheinung sei, lässt sich wohl nicht bezweifeln. Die Temperaturverschiedenheit betrug ziemlich gleichförmig fünf bis sechs Grade. <sup>27)</sup> Hell-

stand nahmen Wismuthmetall, kohlensaures Natron und Tannenholzkohle die höchsten Temperaturen an, Holzarten, Pappe, Wolle u. s. w. die geringsten; die Erdarten standen zwischen den beiden Extremen. Ich stellte meine Beobachtungen nicht unter Glashüllen abgeschlossen an, wie es bei diesen Beobachtungen der Fall war, um auch die bei feuchten Erden vorzüglich durch Verdunstung veranlaßte Temperaturerniedrigung beobachten zu können.

27) Man könnte in dieser Beziehung der so verschiedenen Fähigkeit auszutrocknen mehr entsprechende Verschiedenheiten erwarten. Die Ursache dieser ziemlichen Gleichförmigkeit fand ich in Folgendem: Gleiche Flächen durchnässt Sand- und Thonboden geben in derselben Zeit beinahe gleiche Quantitäten von Wasser an die darüber stehende Luft ab; der Sand trocknet aus dem Grunde schneller aus, weil er von Anfang an weit weniger Wasser enthält. Sehen wir die Quantität von Wasser, welche Thon und Sand anfangs enthalten = 100,0, wie es oben geschah, so wird der Sand in derselben Zeit gegen drei Viertheile

gefärbte Erden mit einer großen wasserhaltenden Kraft erwärmen sich daher vorzüglich langsam; sie bilden aus doppeltem Grunde einen kalten Boden; Sand bildet dagegen vorzüglich aus dem Grunde einen trockenen warmen Boden, weil die wenige Feuchtigkeit, welche er enthält, bald verdünnt ist.

In folgender Tabelle stellte ich die mittlern Resultate meiner hierüber in diesem und vorigem Sommer angestellten Beobachtungen zusammen, wobei ich jedesmal zugleich die natürliche Farbe der zu diesen Versuchen angewandten Erden befügte, weil diese so bedeutend die Wärmeerweckung abändert; dunkel gefärbter trockener Thon erwärmt sich stärker, als heller Sandboden.

seines aufgenommenen Wassers durch Verdunstung verlieren können) während der Thon kaum ein Drittheil seines Wassers abgegeben hat, obgleich von gleichen Flächen in den ersten Stunden beinahe gleiche Wasserquantitäten versiegen; die dadurch veranlaßte Temperaturerniedrigung wird daher anfangs auch nur wenig verschieden sein können.

Erdarten.	Mittlere höchste Temperatur der obersten Erdschicht im Sommer bei einer Wärme von 20° R.			
	natürlich gefärbte Oberfläche	trockene Erde		
		bei schwarzer Oberfläche.	bei weißer Oberfläche.	bei nasser Erde.
Quarzsand, hell gelblichgrau	29,8	35,8	34,6	40,7
Kalksand, weißlichgrau . .	29,9	35,6	34,6	40,9
Gips, heller weißgrau . .	29,0	34,9	34,8	41,0
Lettenartiger Thon, gelblich	29,4	35,3	33,9	39,8
Lehmartiger Thon . . .	29,8	35,6	33,7	39,6
Klayartiger Thon, gelblichgrau	29,9	35,7	33,5	39,3
Reiner Thon, bläulichgrau .	30,0	36,0	33,0	39,4
Kalferde, weiß . . .	28,5	34,4	34,3	40,4
Talferde, schneeweiss . .	28,1	34,1	34,1	39,7
Humus, schwärzlichgrau .	31,8	37,9	34,0	39,5
Gartenerde, heller schwärzlichgrau	30,0	36,2	33,9	40,2
Ackererde von Hofwyl, grau	29,5	35,4	33,6	40,0
Ackererde vom Zura, grau .	29,2	35,0	34,3	40,4

4) Die verschiedene Neigung des Erdreichs gegen das einfallende Licht spielt endlich noch sehr bedeutend auf die Wärmeerweckung ein; die Erwärmung ist desto stärker, je mehr sich der Winkel, welchen die Neigung der Erdoberfläche mit dem auffallenden Sonnenlicht bildet, 90 Graden nähert. Sehen

wir die durch die Sonnenstrahlen veranlaßte Temperaturerhöhung = 20, wie es oft im Sommer der Fall ist, so wird sie nur halb so groß sein, wenn dasselbe Licht sich durch ein mehr schiefes Einfallen auf eine doppelt so große Fläche verbreitet (wenn der Sinus des Einfallwinkels nur halb so groß ist). Wie bedeutend je nach diesem Winkel die Hitze in südlichen Gegenden und auch in unserm Klima am Abhange von Gebirgen und Felsen oft vermehrt wird, halte ich für überflüssig hier näher auseinander zu setzen.

Vergleichen wir diese vier auf die verschiedene Erwärmung durch das Sonnenlicht einfließende Umstände, so sind die durch die verschiedene Farbe, Feuchtigkeit und Neigung gegen das Sonnenlicht herbeigeführte von dem größten Einflusse; durch sie können Tage lang bei dem gleichen Lichtgenuss Temperaturverschiedenheiten von mehreren Graden entstehen. Weit geringer sind die durch das Quale der Erden an sich herbeigeführten Verschiedenheiten; die letztern betragen nur wenige Grade, während die erstern bis auf 10 — 11 Grade, und wenn wir zugleich den verschiedenen Neigungswinkel berücksichtigen, bis auf 15 — 20 Grade ansteigen können.<sup>28)</sup>

28) Ich glaube diesen Gegenstand nicht verlassen zu dürfen, ohne hier noch die Resultate von fortlaufenden Beobachtungen über die Erdtemperatur in verschiedenen Tiefen, Temperatur des Wassers, Verdunstung von beiden u. s. w. anzuführen. Ich stellte sie in folgender Tabelle im Auszuge aus vielen täglichen

Beobachtungen zusammen, welche hierüber schon vor mehrern Jahren (in den Jahren 1796 und 1797) im botanischen Garten zu Genf regelmäig angestellt wurden (man sehe Bibliothèque britannique Tom. 1). Sie geben uns nähere Aufschlüsse über manche theils hier, theils schon oben bei der Ausdünung erwähnte Verhältnisse, je nach den verschiedenen Jahreszeiten. Die Temperatur der Erde wurde durch Thermometer bestimmt, welche sogleich unter der Erdoberfläche, in drei Zoll Tiefe, der gewöhnlichen Tiefe vieler Wurzeln, und vier Fuß Tiefe eingegraben waren. Der Baum, dessen Temperatur beobachtet wurde, war ein Kastanienbaum von zwei Schuh Durchmesser; das Thermometer war auf der Nordseite des Stammes sechs Zoll tief in ihn eingegraben. Die Größe der Verdünnung wurde durch Wägen des Wassers bestimmt, welches von einer Erdsfläche von vier Quadratschuh Oberfläche verdünste, und die Menge des verdünsten Wassers der bessern Vergleichung wegen, wie bei dem Wasser, nach der Höhe desselben in Linien, angegeben. Die zu diesen Versuchen genommene Erde war gewöhnliche lockere fruchtbare Erde; sie war immer in dem Zustand der Feuchtigkeit, wie es die Veränderung der Witterung, der sie immer ausgesetzt blieb, gerade ergab, welches ihre Temperatur daher oft um einige Grade mehr erniedrigen musste, als wenn bloß trockene Erde angewandt worden wäre.

Monate	Mittlere	Mittlere Tem-	Temper.	Temper.	Tempe-	Mittlere Tem-	Ausdün	Ausdün	Menge
	Tempe-	peratur der Erd-							
	der Luft	Mittags	oberfläche	unter	unter	in einem	der Erde	Wassers	gefallen.
178	Januar	+ 2,73	+ 4,89	+ 2,73	+ 2,88	+ 3,28	+ 2,25	+ 3,64	+ 2,79
	Februar	+ 2,17	+ 6,10	+ 3,42	+ 3,46	+ 2,92	+ 2,41	+ 5,07	+ 3,81
	März	+ 2,71	+ 9,42	+ 4,42	+ 4,97	+ 2,72	+ 2,44	+ 7,25	+ 4,94
	April	+ 8,07	+ 20,85	+ 11,50	+ 12,75	+ 7,25	+ 8,77	+ 16,01	+ 11,69
	Mai	+ 10,59	+ 21,38	+ 13,63	+ 14,40	+ 10,05	+ 10,09	+ 17,05	+ 13,61
	Juni	+ 12,85	+ 25,48	+ 16,79	+ 18,49	+ 13,11	+ 11,88	+ 20,52	+ 16,06
	Juli	+ 13,86	+ 27,30	+ 17,87	+ 18,37	+ 14,59	+ 12,99	+ 21,01	+ 17,02
	August	+ 15,01	+ 28,44	+ 18,97	+ 19,95	+ 16,27	+ 14,63	+ 22,59	+ 18,75
	Septbr.	+ 13,49	+ 22,55	+ 15,59	+ 16,98	+ 15,16	+ 13,50	+ 19,60	+ 16,22
	Oktober	+ 8,81	+ 12,36	+ 9,02	+ 9,93	+ 11,90	+ 8,88	+ 11,48	+ 9,87
	Novbr.	+ 4,23	+ 6,79	+ 4,66	+ 5,18	+ 7,55	+ 4,16	+ 6,71	+ 5,46
	Dezemv.	- 0,03	+ 1,44	+ 0,22	+ 9,57	+ 3,09	- 0,19	+ 1,15	+ 0,79
<hr/>									
Mittel		+ 7,87	+ 15,58	+ 9,90	+ 10,58	+ 9,03	+ 7,65	+ 12,67	+ 10,14
								<i>Summa</i>	
								14" 11,7	
								44" 7"	
								24" 10"	

Die höchste Temperatur der Luft war + 24,3, den 10 August.

Die tiefste Temperatur der Luft war — 10,7, den 12 Dezember.

Die höchste Temperatur der Erdoberfläche war + 39, den 9 August.

Die tiefste Temperatur der Erdoberfläche war — 9,5, den 12 Dezember.

Die höchste Temperatur drei Zoll unter der Erde war + 27,7, den 21. Juli.

Die tiefste Temperatur drei Zoll unter der Erde war — 4,0, den 12 Dezember.

Die höchste Temperatur vier Schuh unter der Erde war + 16,7, vom 14 bis 18 August.

Die tiefste Temperatur vier Schuh unter der Erde war + 2,0, vom 19 bis 26 Dezember.

Die höchste Temperatur des Wassers war + 26,0, den 9 — 11 August.

Die höchste Temperatur des Baums war + 16,6, den 13 August.

Die tiefste Temperatur des Baums war — 3,0, den 12 und 13 Dezember; er erfror nicht.

Die größte Verdunstung des Wassers in vierundzwanzig Stunden betrug  $6\frac{1}{12}$  Lin., den 17 August.

Die größte Verdunstung der Erde in vierundzwanzig Stunden betrug  $3\frac{3}{12}$  Lin., den 14 Juni.

---

Im folgenden Jahr (1797) ergaben sich aus diesen Beobachtungen folgende Hauptresultate:

Die höchste Temperatur der Luft war + 26,5, den 30 Juli.

Die tiefste Temperatur der Luft war — 4,5, den 24 Januar.

Die höchste Temperatur der Erdoberfläche war + 41,5,  
den 30 Juli.

Die tiefste Temperatur der Erdoberfläche war — 3,5,  
den 21 Januar.

Die höchste Temperatur drei Zoll unter der Erde war  
+ 30, den 26 bis 29 Juli.

Die tiefste Temperatur drei Zoll unter der Erde war  
— 0,5, den 23 und 24 Januar.

Die höchste Temperatur vier Schübe unter der Erde  
+ 18,3, den 1 bis 4 August.

Die tiefste Temperatur vier Schübe unter der Erde  
+ 1,7, den 26 Januar bis 13 Februar.

Die höchste Temperatur des Wassers war + 27,5, den  
28 Juli.

Die höchste Temperatur des Baums war + 18,0, den  
1 August.

Die tiefste Temperatur des Baums war — 1,5, den  
16 Januar.

Die größte Verdunstung der Erde betrug in vierund-  
zwanzig Stunden  $3\frac{11}{12}$  Lin., den 23 Juni.

Die größte Verdunstung des Wassers betrug in vierund-  
zwanzig Stunden  $4\frac{4}{12}$  Lin., den 29 Juli.

Die Ursache der im Allgemeinen bedeutend geringeren  
Verdunstung von der Erde als vom Wasser beruht vor-  
züglich darin, weil die Erde an der freien Luft nur kurze  
Zeit mit Wasser gesättigt bleibt, wo sie nach den obigen  
Beobachtungen ebenfalls auf kurze Zeit stark verdunstet,  
und weil sie gerade bei trockener heißer Witterung, wo  
das Wasser am stärksten ausdunstet, oft nur noch wenig  
Feuchtigkeit an die Luft abgeben kann.

---

## Galvanisches und elektrisches Verhältniß der Erden.

Da gewöhnliche und galvanische Elektrizität bei chemischen und Lebensprozessen sich auf so verschiedene Art thätig zeigt, so hielt ich es für wichtig, auch in dieser Beziehung die Erden untereinander und vorzüglich in Beziehung auf den Humus zu vergleichen.

Ich untersuchte ihre Leitungsfähigkeit für Elektrizität, ihre Fähigkeit durch Reiben Elektrizität entwickeln zu lassen, und ihr Verhältniß in der geschlossenen galvanischen Kette.

Ihre Leitungsfähigkeit betreffend, so fand ich in ihrem vollkommen trockenen Zustand den reinen Sand, Kalk, Talc, Gips und Humus als Nichtleiter; die Thonarten zeigten sich mir immer als Halbleiter; zusammengesetzte thonhaltige Erden als schwache Halbleiter. Wahrscheinlich ist die, wenn gleich geringe, Quantität an Feuchtigkeit und Eisen, welche beinahe alle Thonarten der Ackererde enthalten, die Ursache dieser Erscheinung.

Durch Reiben werden alle Erden negativ elektrisch. Werden trockene längliche Stücke der Erden mit einem Messer geschabt, und läßt man die feinen abspringenden Theilchen unmittelbar auf ein oben mit einer Scheibe versehenes Voltaisches Elektrometer fallen, so erhält man gewöhnlich eine Divergenz von vier bis fünf Graden an den Pendeln des Elektrometers, immer mit negativer Elektrizität; Eis auf dieselbe Art behandelt gibt positive Elektrizität.

Merkwürdiger ist das galvanische Verhältniß der Erden. Es ist längst erwiesen, daß die gewöhnlichen reinen Erden im Kreise der geschlossenen galvanischen Kette auf der negativen Seite stehen; um so merkwürdiger war es mir, daß der die einfachen Erden gleichsam befruchtende Humus auf die positive Seite der galvanischen Säule zu stehen kommt und bei Auflösungen auf diese übergeführt wird. Die Versuche, welche mir dieses zeigten, sind folgende:

1) Ich kochte eine gewöhnliche fruchtbare Ackererde mit destillirtem Wasser; ich erhielt, nachdem ich die Abkochung durch Fließpapier filtrirt hatte, eine hellweingelbe klare Flüssigkeit, welche den im Wasser auflöslichen Theil des Humus, den sogenannten Extraktivstoff desselben, aufgelöst enthielt. Ich brachte diese Flüssigkeit, nachdem ich sie zuvor, um sie mehr zu konzentrieren, etwas abgedampft hatte, in einer verschlossenen Glasküvette, in welcher sich zwei Polardräthe endigten, auf die gewöhnliche Art in den Kreis einer galvanischen Säule (von fünfzig Plattenpaar jede von einem Zoll Durchmesser). Sobald die Säule zu wirken anfing, so zogen sich gegen den positiven Pol kleine Humusflocken, welche sich schon in wenigen Minuten stark angehäuft hatten und den Drath dicht umlagerten. Nach Beendigung des Versuchs fand ich den positiven Polardrath von in Wasser unauflöslichem sogenanntem oxydirten Humus dicht umgeben.

2) Noch deutlicher zeigte sich mir diese Erscheinung in folgendem Versuch. Ich kochte eine gewöhnliche fruchtbare Erde mit Kalkwasser; ich

erhielt dadurch eine weingelbliche Flüssigkeit, welche noch mehr Theile des Humus aufgelöst hatte als das reine Wasser. Ich brachte diese Flüssigkeit wie vorher in den Kreis der galvanischen Kette; schon in wenigen Minuten zeigte sich an beiden Polen ein deutlicher Niederschlag, um den positiven Pol sammelten sich braune Humusflocken, um den negativen Pol Kalkerde.

3) Ich kochte eine gewöhnliche Ackererde mit einer Auflösung von kohleseauerem Kali; ich erhielt dadurch eine dunkelgelbe bräunliche klare Flüssigkeit, welche den im bloßen Wasser unauflöslichen Theil des Humus, den sogenannten oxydirten Humus, aufgelöst enthielt. Auch diese Flüssigkeit erlitt durch den Galvanismus eine schnelle Zersetzung; um den positiven Pol bildete sich in Kurzem ein großer Kopf von dunkelbraunem oxydirtem Humus, während sich um den negativen Pol das Kali ansammelte. Eine Abkochung mit kaustischem Kali, ebenso mit mildem und kaustischem Natron, zeigte dieselbe Erscheinung.

4) Ich kochte eine Ackererde mit Wasser, welches ich zuvor mit Gips gesättigt hatte; ich erhielt dadurch eine Flüssigkeit, welche Gips mit etwas Humus zugleich aufgelöst hatte. Durch den Galvanismus entstand eine Zersetzung dieser Flüssigkeit: am negativen Pol präzipitirte sich Kalkerde; am positiven Pol der Humus, zugleich aber auch etwas Schwefelsäure, welche von einer Zersetzung des Gipses durch den Galvanismus herrührte.

Ich bemühte mich vergebens, ähnliche auflösliche Verbindungen des Humus mit andern

Erden darzustellen, um sie zugleich der galvanischen Säule aussetzen zu können. Wahrscheinlich wird es mir, daß sich der Humus auch zum Thon (der Verbindung von feiner Kieselerde mit feiner Thonerde) positiv verhalte und mit diesen eine engere chemische Verbindung eingehe, und zwar aus folgenden Erscheinungen. Wird eine gewöhnliche humus- und thonhaltige Ackererde (wenn sie auch Jahre lang nicht gedüngt wurde) mit reinem Wasser gekocht, so erhält man durch bloßes Kochen derselben eine schwach gelbliche Flüssigkeit, eine Auflösung des sogenannten Extraktivstoffs des Humus; der übrige und größte Theil des Humus, der sogenannte oxydirte Humus, läßt sich auf diese Art nicht von dem Thon trennen, wenn das Kochen auch Stunden lang unter anhaltendem Umrühren fortgesetzt wird. Würde der Humus bloß mechanisch beigemengt sein, so müßte er sich bei seinem bedeutend geringern spezifischen und absoluten Gewicht auch durch mechanische Operationen wieder abscheiden lassen. <sup>29)</sup> Die Säuren, selbst die stärkern

29) Unrichtig ist das von Cadet de Vaug, in seiner Abhandlung über die Kenntniß des Bodens, Seite 24 der deutschen Ausgabe, angegebene Verfahren, den Humus abzuscheiden. Er sagt, man schütte die Erde in einen gläsernen Becher mit Wasser, rübre Alles mit einem Stöckchen wohl um, und läßt die Erde sich dann ruhig sehen; die spezifisch leichtere Dammerde wird dann in Form einer feinen schwarzen Erde obenauf schwimmen. Gießt man durch Neigung des Gefäßes, diesen Theil der Flüssigkeit ab, welche einen schwarzen Stahl bildet, so ist dieses der Anteil von

Mineralsäuren, sind eben so wenig im Stande, den Humus von dem Thon zu trennen; die Trennung und Auflösung geschieht aber schnell durch kohlen-saure und noch schneller durch kaustische Alkalien in der Siedhitze; die kalische Auflösung nimmt dadurch gewöhnlich schon in wenigen Minuten eine dunkelbraune Farbe an, aus welcher Auflösung sich dann der Humus durch Säuren als ein braunes flockiges Pulver wieder niederschlagen lässt. (Thon und Kieselerde selbst gehen bekanntlich nur mit Alkalien in ihrem kaustischen Zustande chemische Verbindungen ein.)

Es scheint mir von Wichtigkeit zu sein, diese näheren chemischen und galvanischen Verhältnisse der Erden, wie sie sich als Ganze gegen einander verhalten, zu berücksichtigen, ehe wir sie sogleich weiter durch stärkere künstliche Mittel in ihre Elemente (den Humus in Kohle und die einfachern Luftarten und die Erden in ihre Metalloide und Lebensluft) zerlegen<sup>30</sup>), indem sie sich in der freien Natur

Dammerde, welche die Mischung enthält; ein schnelles leichtes Verfahren. Viele Versuche zeigten mir, daß der in bloßem, selbst in siedendem Wasser auflösliche Theil des Humus einer Erde oft nicht den vierten Theil des ganzen Humus beträgt.

- 30) Nach neuern Untersuchungen (Döbereiner's Darstellung der Verhältniszahlen der irdischen Elemente zu chemischen Verbindungen, Gera 1816) besteht die Kieselerde aus 48,3 Theilen Lebensluft mit 51,7 Theilen Kieselmetall; Thonerde aus 46,5 Theilen Lebensluft mit 53,5 Theilen Thonmetall;

vielleicht nie in diesen einfachern Formen finden, und sie auch in diesem Zustande bedeutend verschieden auf einander einwirken müssen.

Kalferde aus 39,4 Theilen Lebensluft mit 60,6 Theilen  
Kalkmetall;

Kalferde aus 27,2 Theilen Lebensluft mit 72,8 Theilen  
Kalkmetall;

Matron aus 25,4 Theilen Lebensluft mit 74,6 Theilen  
Matronmetall;

Kali aus 16,6 Theilen Lebensluft mit 83,4 Theilen  
Kalimetall;

Strontianerde aus 14,2 Theilen Lebensluft mit 85,8  
Theilen Strontianmetall;

Schwererde aus 10,3 Theilen Lebensluft mit 89,7  
Theilen Schwererdemetall.

Die Kieselerde enthält unter den einfachen Erden die meiste Lebensluft; sie verhält sich daher oft zu einzelnen Erden wie eine Säure und geht mit ihnen ähnliche chemische Verbindungen ein. Der Humus selbst scheint sich nach dem Obigen gegen den Thon (der Verbindung der Thonerde mit Kieselerde) wieder positiv zu verhalten. Dass er viele Lebensluft in mehr oder weniger enge gebundenem Zustand enthält, ist erwiesen; wird er destillirt, so erhält man Kohlensäure, Wasser mit etwas Ammonium, gekohltes Wasserstoffgas, etwas schwarzes brenzliches Öl, — Produkte, welche alle wieder Lebensluft enthalten; im Rückstand bleibt Kohle, die zu Asche verbrannt aus Kohlensauerem Kali mit etwas Kalk und Kieselerde zusammengesetzt ist. Der Humus findet sich vorzüglich in drei verschiedenen Stufen der Oxydation: am wenigsten Lebensluft enthält er als Extraktivstoff; mehr enthält der oxydierte und am meisten der saure

Tab. IX. (Zu Seite 87.)

## Physische Eigenschaften der Erdarten, aus welchen gewöhnlich die Ackererde zusammengesetzt sind.

Erdarten.	Spezifisches Gewicht der einzelnen Theile.	Gewicht eines Pariser Kubikzolls.	Wasserhaltende Kraft.	Festigkeit und Konsistenz des Bodens		Fähigkeit auszutrocknen.	Volumenvermindehung durch das Auszutrocknen.	Absorption von Feuchtigkeit aus der atmosphärischen Luft.	Absorption von Lebensluft aus der atmosphärischen Luft.	Wärmehaltende Kraft.	Erwärmung der Erde durch das Sonnenlicht; Temperatur der obersten Erdschicht bei 20 Grad N. Lufttemperatur			Elektrisches und galvanisches Verhältnis							
				im trockenen Zustand.	im nassen Zustand.						Natürlich gefärbte Oberfläche	Trockene Erde bei nasser Erde	Galvanisches Verhältnis in Beziehung auf den Humus.	Leistungsfähigkeit für gewöhnliche Elektrizität.							
				100 Theile der Erde halten an Wasser zurück.	100 Theile der Erde halten an Wasser zurück.						100 Theile der Erde halten an Wasser zurück.	100 Theile der Erde halten an Wasser zurück.	100 Theile der Erde halten an Wasser zurück.	100 Theile der Erde halten an Wasser zurück.							
Quarzsand; er findet sich beinahe in jeder Ackererde	2,753	148,5 Pf. 1 Kubitzoll 495 Gran.	181,5 Pf. 1 Kubitzoll 605 Gran.	25 Prozent.	0	5,1 lb.	5,7 lb.	Theile. 88/4	4 St. 4 Min.	0	in 12 Stund. 0 gr 24 — 0 — 48 — 0 —	0	1,6 Prozent Lebensluft	95,6	3 Stund. 27 Min	29,8°	35,8°	34,6°	40,7	—	Nichtleiter.
Kalksand; er findet sich nicht selten zugleich mit dem Quarzsand	2,822	151,5 Pf. 1 Kubitzoll 505 Gr.	188,5 Pf. 1 Kubitzoll 628 Gr.	29 Prozent.	0	5,5 lb.	5,9 lb.	75,9	4 — 44 —	0	in 12 Stund. 2 gr 24 — 3 — 48 — 3 —	0	5,6 Prozent	100,0	3 — 30 —	29,9	35,6	34,6	40,9	—	Nichtleiter.
Leiternartiger Thon; eine Verbindung von 40 Prozent feinen Sandes mit 60 Prozent Thon	2,701	130,4 Pf. 1 Kubitzoll 435 Gr.	171,6 Pf. 1 Kubitzoll 577 Gr.	40 Prozent.	57,3	10,6 lb.	11,9 lb.	52,0	6 — 55 —	60 Theile.	12 — 21 — 24 — 26 — 48 — 28 —	0	9,3 Prozent	76,9	2 — 41 —	29,4	35,3	33,9	39,8	—	Halbleiter.
Lehmartiger Thon; eine Verbindung von 24 Prozent feinen Sandes mit 76 Prozent Thon	2,652	118,0 Pf. 1 Kubitzoll 393 Gr.	165,5 Pf. 1 Kubitzoll 551 Gr.	50 Prozent.	68,8	14,1 lb.	15,2 lb.	45,7	7 — 52 —	89 —	12 — 25 — 24 — 30 — 48 — 34 —	0	11,0 Prozent	71,8	2 — 30 —	29,8	35,6	33,7	39,6	—	Halbleiter.
Klayartiger Thon; eine Verbindung von 11 Prozent feinen Sandes mit 89 Prozent Thon	2,603	107,1 Pf. 1 Kubitzoll 357 Gr.	159,5 Pf. 1 Kubitzoll 531 Gr.	61 Prozent.	83,3	23,0 lb.	25,3 lb.	34,9	10 — 19 —	114 —	12 — 30 — 24 — 36 — 48 — 40 —	0	13,6 Prozent	68,4	2 — 24 —	29,9	35,7	33,5	39,3	—	Halbleiter.
Thon, in seinem feinen von Sand gereinigten Zustand bestehend aus 58 Prozent Kieserde, 36,2 Thonerde, 5,8 Eisenoxyd	2,591	100,3 Pf. 1 Kubitzoll 334 Gr.	154,5 Pf. 1 Kubitzoll 515 Gr.	70 Prozent.	100,0	36,0 lb.	39,0 lb.	31,3	11 — 17 —	183 —	12 — 37 — 24 — 42 — 48 — 43 —	0	15,3 Prozent	66,7	2 — 19 —	30,0	36,0	33,0	39,4	—	Nichtleiter.
Kalkerde, in ihrem feinen kohlen sauren Zustande, findet sich nicht selten in der Ackererde	2,468	71,7 Pf. 1 Kubitzoll 244 Gr.	138,0 Pf. 1 Kubitzoll 460 Gr.	85 Prozent.	5,0	19,1 lb.	20,8 lb.	28,0	12 — 51 —	50 —	12 — 26 — 24 — 31 — 48 — 35 —	0	10,8 Prozent	61,8	2 — 10 —	28,5	34,4	34,3	40,4	—	Nichtleiter.
Humus oder Dammerde, ein weinreicher Bestandtheil einer feuchtbaren Erde	1,225	46,4 Pf. 1 Kubitzoll 154 Gr.	104,0 Pf. 1 Kubitzoll 346 Gr.	190 Prozent.	8,7	11,8 lb.	12,5 lb.	20,5	17 — 33 —	200 —	12 — 80 — 24 — 97 — 48 — 110 —	0	20,3 Prozent	49,0	1 — 43 —	31,8	37,9	34,0	39,5	+	Nichtleiter.
Bitter- oder Talserde, im feinen kohlenreichen Zustand selten in der Ackererde	2,232	21,1 Pf. 1 Kubitzoll 75 Gr.	101,7 Pf. 1 Kubitzoll 339 Gr.	456 Prozent.	11,5	7,8 lb.	9,5 lb.	10,8	33 — 20 —	154 —	12 — 69 — 24 — 76 — 48 — 80 —	0	17,0 Prozent	38,0	1 — 20 —	28,1	34,1	34,1	39,7	—	Nichtleiter.
Gipserde, in ihrem feinen pulverförmigen Zustand, ungebrannt	2,358	122,6 Pf. 1 Kubitzoll 408 Gr.	170,2 Pf. 1 Kubitzoll 573 Gr.	27 Prozent.	7,3	14,3 lb.	15,8 lb.	71,7	5 — 1 —	0	12 — 1 — 24 — 1 — 48 — 1 —	0	2,7 Prozent	73,8	2 — 16 —	29,0	34,9	34,8	41,0	+	Nichtleiter.
Gartenerde, bestehend aus 52,4 Prozent Thon, 36,5 Quarzsand, 1,8 Kalksand, 2 Prozent Kalkerde und 7,2 Prozent Humus	2,332	91,7 Pf. 1 Kubitzoll 376 Gr.	137,0 Pf. 1 Kubitzoll 457 Gr.	96 Prozent.	7,6	8,6 lb.	10,0 lb.	24,5	14 — 49 —	149 —	12 — 35 — 24 — 45 — 48 — 50 —	0	18,0 Prozent	64,8	2 — 34 —	30,0	36,2	33,9	40,2	+	Schwacher Halbleiter.
Ackererde von einem der Felder von Hofwyl, bestehend aus 51,1 Prozent Thon, 42,7 Quarzsand, 0,4 Kalksand, 2,3 Kalkerde und 3,4 Prozent Humus	2,401	112,7 Pf. 1 Kubitzoll 376 Gr.	158,9 Pf. 1 Kubitzoll 529 Gr.	52 Prozent.	33,0	7,1 lb.	8,6 lb.	32,0	11 — 15 —	120 —	12 — 16 — 24 — 22 — 48 — 23 —	0	16,2 Prozent	70,1	2 — 27 —	29,5	35,4	33,6	40,0	+	Schwacher Halbleiter.
Ackererde von einem Thale des Zura, bestehend aus 6,4 Prozent Quarzsand, 33,3 Thon, 1,2 Kalksand, 1,2 Kalkerde und 1,2 Prozent Humus	2,526	124,1 Pf. 1 Kubitzoll 414 Gr.	154,5 Pf. 1 Kubitzoll 515 Gr.	47 Prozent.	22,0	7,1 lb.	8,0 lb.	40,1	8 — 58 —	95 —	12 — 14 — 24 — 19 — 48 — 20 —	0	15,0 Prozent	74,3	2 — 36 —	29,2	35,0	34,3	40,4	+	Schwacher Halbleiter.

Um den Ueberblick über diese Versuche zu erleichtern, stellte ich die Hauptresultate derselben in gegenüber stehender grössern Tabelle zusammen (siehe Tab. IX); ich hoffe dadurch vorzüglich dem praktischen Landwirth bei Erduntersuchungen die richtige Beurtheilung eines Bodens in Beziehung auf seine physischen Eigenschaften zu erleichtern, indem es sehr mühsam und zeitraubend sein würde, bei jeder Untersuchung einer Ackererde alle diese Eigenschaften durch Versuche aufzufinden. Die Bestimmung ihrer wasserhaltenden Kraft, ihrer Schwere und Konsistenz dürften in Verbindung mit ihrer chemischen Analyse wohl bei den meisten Erduntersuchungen hinreichend sein; aus ihnen lässt sich mit großer Wahrscheinlichkeit auf die übrigen schliessen. Je gewichtiger eine Erde ist, desto grösser ist gewöhnlich auch ihre wärmehaltende Kraft und

Humus. Der erste findet sich vorzüglich in fruchtbarer Erde, und scheint am leichtesten von den Pflanzen aufgenommen zu werden; der zweite findet sich häufig in jeder fruchtbaren Ackererde, er ist schon enger an den Thon gebunden, wirkt aber demungeachtet noch gut auf die Vegetation; der dritte findet sich nicht selten in kältem Thonboden und sumpfigen Gegenden, er enthält schon freie Säure, er wirkt schädlich auf die Vegetation; hier dient vorzüglich Kalkerde und Asche zur Tilgung dieser Säure.

Genau messende Untersuchungen über diese verschiedenen Oxydationsstufen des Humus und die Quantitäten der verschiedenen Lufstarten, die man bei seiner Zersetzung erhält, erlaubte mir der Mangel eines Quecksilberapparats bis jetzt nicht anzustellen.

ihre Fähigkeit auszutrocknen; eine dem Gewicht nach schwere Erde bildet gewöhnlich einen trocknen leichten lockern Boden. Je größer die wasserhaltende Kraft einer Erde ist, desto mehr absorbirt sie gewöhnlich auch schon aus der Luft Feuchtigkeit und Lebensluft, desto langsamer trocknet sie aus; sie bildet in zu hohem Grade einen kalten nassen Boden. Die Konsistenz eines Bodens steht weder mit seiner wasserhaltenden Kraft noch mit seinem Gewicht in direktem Verhältnisse; gewöhnlich ist sie desto stärker, je größer der Thongehalt einer Erde ist, obgleich sich auch hier je nach den verschiedenen Formen des Thons bedeutende Ausnahmen zeigen, wovon ich schon oben einige Beispiele von einem Thonmergel, eben so von gebranntem Thon, anführte.

Ich erwähnte bei dieser Zusammenstellung des Mergels nicht als einer besondern Erde. Er besteht bekanntlich in sehr verschiedenen Verhältnissen aus Thon, seinem Kalk, nicht selten noch in Verbindung mit Sand; seine physische Eigenschaften sind aus denen dieser Erden zusammengesetzt; sie gehen aus denen des Thons und Kalks bis in die des Sands über. Er verdient daher jedesmal eine nähere physische und chemische Untersuchung.<sup>31)</sup>

Merkwürdig ist die Erscheinung, daß es nicht gelingt, durch Kunst einen Mergel darzustellen,

31) Ich fand nicht selten Mergelarten, welche ihres großen Kalkgehalts ungeachtet einen sehr schweren, lange das Wasser zurückhaltenden, konsistenten Boden bildeten. Die Art der chemischen Verbindung zwischen Kalk und

welcher dieselben Eigenschaften wie der natürliche besitzt. Zerlegt man einen Mergel in Thon und Kalkerde, und setzt man ihn wieder aus denselben ausgeschiedenen Erden mechanisch zusammen, so hat dieses Kunstprodukt andere Eigenschaften als der natürliche Mergel; seine wasser- und wärmehaltende Kraft ist geringer; ein Kubikzoll desselben wiegt im nassen und trockenen Zustande weniger; die innige chemische Vereinigung zwischen Thon und Kalkerde scheint zu fehlen.

Noch habe ich über einige gewöhnlich nur in geringer Menge in der Ackererde vorkommende Substanzen einige Bemerkungen beizufügen, nämlich über den Glimmer, das Eisenoxyd und den Gips.

### Der Glimmer

findet sich nicht selten in kleinen glänzenden weißen oder gelben Blättchen in der Ackererde, vorzüglich in Thälern der Urgebirge, als Nebenrest von verwitterten Gebirgsarten; in tiefen Gegenden scheint er häufig durch Verwitterung glimmerhaltiger Sandsteine in die Ackererde zu kommen. Man erhält ihn gewöhnlich bei Erdanalysen durch Schlemmen zugleich mit dem Sand. Er findet sich in einigen Gebirgsgegenden so häufig, daß er als Streusand unter dem Namen Goldsand gebraucht wird.

Thon und die Feinheit des Korns scheinen die physischen Eigenschaften oft bedeutend abzuändern; übrigens besitzt Kalk immer den Vorzug, die Säure im Boden zu tilgen und Pflanzenfasern schneller in Humus zu verwandeln.

Die chemischen Bestandtheile des Glimmers sind Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd mit etwas Kali und zuweilen Talc und Braunsteinkalk<sup>32)</sup>. Sein spezifisches und absolutes Gewicht fand ich immer geringer als das des Sands, im Mittel 2,264, seine wasserhaltende Kraft aber immer bedeutend größer, nämlich bis 60,4 Prozent; demungeachtet verliert er beim Austrocknen wieder alle Konsistenz, er zerfällt wie der Sand bei der geringsten Berührung; 1000 Theile absorbirten in 24 Stunden 15, in 48 Stunden 20 Gr. Feuchtigkeit.

Wir sehen hieraus, daß glimmerreicher Sand die hizigen Eigenschaften des gewöhnlichen Kalk- und Quarzsands sehr mäßigt; daß er einem Boden eine größere wasserhaltende Kraft mittheilt, ohne ihn zugleich fester und schwerer zur Bearbeitung zu machen, wie dieses beim Thon der Fall ist.

### Das Eisenoxyd

ist ein so häufiger Bestandtheil der Ackererde, daß ich es auch in seinem reinen Zustande einer näheren Untersuchung werth hielt; ich wandte hierzu das künstlich nach der preussischen Pharmacopöe bereitete schwarze Eisenoxyd an, indem es sich aus der Ackererde nur durch starke chemische Mittel, durch Auflösung und Präcipitation, und nicht in dersel-

32) Das Verhältniß dieser Bestandtheile wechselt beim Glimmer sehr: der Thon von 11 bis 34, das Eisen von 4 bis 22, das Kali von 8 bis 14; Talc und Braunsteinkalk fehlen zuweilen ganz. Siehe Steffens Handbuch der Oryktognosie, erster Band, S. 211. 1811.

hen Form, wie es in der Ackererde ist, abscheiden lässt.

Ich fand sein spezifisches Gewicht = 3,475.  
Das Gewicht eines Kubitzolls im trockenen Zustand  
war 700 Gran;  
Im nassen Zustand 724 Gr.  
Seine wasserhaltende Kraft = 23,3.  
1000 Theile absorbirten in 24 Stunden 7 Gr. Feuchtigkeit.

—	—	48	—	10	—
—	—	72	—	11	—

Seine Konsistenz und Festigkeit sind im trockenen Zustand nur gering und der des Sandes ähnlich, seine wärmehaltende Kraft ist bei gleichen Quantitäten dem Volumen nach größer als beim Sand.

Stark eisenhaltiger Thon bildet einen weniger festen Boden als reiner Thon; auf seiner Oberfläche wird durch seine dunkle Farbe mehr Wärme durch das Sonnenlicht erweckt, und er behält diese Wärme auch länger zurück.

Die nachtheiligen Wirkungen, welche Einige von dem Eisenoxyd auf die Vegetation bemerkt haben wollen, beruhen theils auf seinem bedeutend größern Gewicht, wodurch die freie Entwicklung der Pflanzenwurzeln gehemmt wird, theils auf seiner sehr geringen wasserhaltenden Kraft, vorzüglich aber auf seiner großen Verwandtschaft zu Lebenslust und Säuren, wodurch leicht Eisensalze entstehen, welche in einiger Menge einen Boden völlig unfruchtbar machen.

## Der Gips

ist dem praktischen Landwirthe längst durch seine merkwürdige Eigenschaft bekannt, die Vegetation der Schotengewächse, vorzüglich des Klees, durch Überstreuen auf dieselbe zu beschleunigen. Sehr wahrscheinlich ist es, daß diese Eigenschaft nicht auf den oben erwähnten physischen Eigenschaften des Gipses, sondern vielmehr auf einer chemischen Zersetzung des Gipses durch den Einfluß der Atmosphäre und der Pflanzen vielleicht selbst beruhe und zwar aus folgenden Gründen.

1) Die Menge des Gipses, welche auf ein Feld gestreut wird, ist in Beziehung auf die Menge der Erde, auf welche er vertheilt wird, so unbedeutend, daß er auf die Abänderungen seiner physischen Eigenschaften keinen Einfluß besitzen kann; auf den hiesigen Feldern wird gewöhnlich auf den Morgen von 40.000 Berner = 32,600 Pariser Quadratschuhen fünf Zentner feiner Gips ausgestreut, dieses beträgt auf den Pariser Quadratschuh 130 Gran Gips. Nehmen wir an, daß die oberste Erdschicht mit diesem Gips bis auf einen Zoll Tiefe vermengt werde, so kommen auf 100 Theile weniger als ein Prozent, nämlich nur 0,2 Prozent Gips; nehmen wir die Vermengung bis auf eine Linie Tiefe, so würden dennoch auf 100 Theile nur 2,8 Theile Gips kommen, obgleich man bei dieser oberflächlichen Vermengung den Einfluß auf die Pflanzenwurzeln gar nicht einsehen würde.

2) Die physischen Eigenschaften des Gipses als Ganzem, in seinem ungebrannten bloß pulverisierten

Zustand, wie er häufig zu diesem Zweck angewandt wird, sind sehr wenig von denen der übrigen Erden verschieden; sie nähern sich sehr denen des Quarz- und Kalksands. Woher dem ungeachtet seine so auffallend verschiedene Wirkung, wenn er als feines Pulver auf Kleefelder ausgestreut wird? Warum befördert nicht jedes ähnliche erdige Pulver auf dieselbe Art die Vegetation? Noch verdient hier berücksichtigt zu werden, daß einige Landwirthe zu demselben Zweck rohen gemahlenen Gips, andere gebrannten Gips anwenden, der Hauptsache nach mit demselben Erfolge, und dennoch besitzt der letzte eine sehr große, der erstere nur eine geringe Anziehung zum Wasser.

3) Um wirklich durch Versuche nachzuweisen, daß hier eine Zersetzung des Gipses statt habe, verschaffte ich mir durch Fällung aus einer salzsauren Kalkauflösung mit Schwefelsäure 78 Gran reinen erdigen Gips, und setzte ihn, nachdem er durch Wasser von der Salzsäure gereinigt war, in einem Porzellangefäße dem Einflusse der Atmosphäre aus, so daß Regen, Schnee und Sonnenschein auf ihn einwirken konnten. Nach sechs Monaten (vom Juni bis Januar) untersuchte ich ihn; ich fand statt reinen Gipses noch 65 Gran Gips und 10 Gran kohlensaure Kalkerde, welche durch die Zersetzung des Gipses entstanden waren. In dem folgenden Sommer wiederholte ich diesen Versuch mit größeren Quantitäten mit demselben Erfolge in gläsernen Gefäßen. <sup>33)</sup>

<sup>33)</sup> An diese Erscheinung schließt sich die erst vor Kurzem von Hrn. Sattler in Schweinfurth gemachte Ent-

## Ueber die Keimung von Getreidekörnern und deren erste Entwicklung in diesen einfachen Erden.

Um den verschiedenen Einfluß dieser einfachen Erden auf die Keimung zu beobachten, brachte ich gleich große Quantitäten der verschiedenen Erden in gleich große Gefäße von anderthalb Zoll Tiefe und vier Quadratzoll Fläche, welche ich im Julius ins Freie stellte, so daß sie bei heiterm Himmel täglich acht bis neun Stunden das Sonnenlicht geniessen konnten. Sie wurden alle zu der gleichen Zeit mit gleich viel Wasser begossen, und dieses so oft wiederholt, als der Regen der Atmosphäre für sie nicht hinreichend zu sein schien. Als Maasstab der Befeuchtung diente mir die Befeuchtung der gewöhnlichen Ackererde, in welche ich zur Vergleichung Waizenkörner von der gleichen Art gestellt hatte.

Die Resultate dieser Versuche sind folgende:

Im Quarzsand keimten die Körner in wenigen Tagen; die Halme erreichten eine Höhe von 1 Zoll, welkten und verdornten aber schnell bei einfallen-

deckung, daß der Gips schnell zersezt wird, wenn man über und durch ihn im glühenden Zustand Wasser- dämpfe streichen läßt (Hermbstdts Museum Dez. 1815, Seite 380). Es erklärt sich vielleicht hieraus, warum die Wirkung des Gipses nicht auf allen Boden- arten gleichförmig beobachtet wird; gewisse Bodenarten könnten seine Zersetzung mehr oder weniger befördern; er zeigt sich wirksamer auf trockenen als auf nassen Bodenarten.

der warmer Sommerwitterung; die Oberfläche des Sands blieb locker.

Im Kalksand keimten sie ebenfalls in wenigen Tagen, erreichten eine Höhe von anderthalb Zoll und schienen kräftiger zu wachsen als im Quarzsand, welkten und verdornten aber schnell bei warmer Witterung.

In Gipserde keimten die Körner nur schwach und verdornten bald wieder bei warmer Witterung. Die Erde schien sich durch die Feuchtigkeit dichter zusammenzuschliessen; ihre Oberfläche bedeckte sich bald mit einer harten Kruste, welche die keimenden Samen nur mit Schwierigkeit zu durchbrechen schien.

Im leichtenartigen Thon keimten die Samen zwar, es entwickelte sich eine Radicula (Würzelchen) und Plumula (kleine Blättchen) von anderthalb Linien, sie starben aber wieder ab, ehe sie die Erdoberfläche durchbrochen hatten, welche sich mit einer dichten Kruste überzog. Die keimenden Samen schienen zu schwach zu sein, um sich durch die dichte Erde einen Weg zu bahnen.

Im lehmartigen Thon zeigte sich die gleiche Erscheinung nur noch in höherm Grade; Radicula und Plumula erreichten kaum eine Linie Länge, und starben dann ab.

Im klayartigen Thon keimten die Samen noch unbedeutender, als bei den zwei vorigen Thonarten.

Im reinen Thon konnte ich nichts mehr von Keimung bemerken; ich ließ sie vierzig Tage lang unter der Erde liegen, sie blieben wie todt, ich

mochte die Erde völlig durchnässen oder sie trocknen lassen, sie dem Schatten oder Sonnenlicht aussetzen. Die Erde bildete eine dichte sehr konsistente Masse. Ich brachte dieselben scheinbar todtten Körner in gewöhnliche Ackererde, worin sich schon in wenigen Tagen die Keime entwickelten und zu schönen Halmen aufwuchsen. <sup>34)</sup>

In reiner Kohlensaurer Kalkerde keimten die Körner schon in wenigen Tagen, erreichten bald eine beträchtliche Höhe, bildeten viele Wurzelchen, und schienen völlig gesund zu sein.

In reiner Kohlensaurer Bittererde keimten die Körner ebenfalls bald, erreichten schnell eine beträchtliche Höhe, und hatten ein schönes saftvolles grünes Aussehen.

In reinem Humus keimten die Körner mit demselben Erfolge, wie in der Kalkerde, so daß ich im Mittel zwischen beiden keine Verschiedenheit bemerken konnte.

Die in gewöhnlicher Garten- und Ackererde zu der gleichen Zeit gesäetem keimten und entwickelten sich gut, nur schienen sie etwas weniger schnell zu wachsen, als die in Humus und Kalkerde gesäetem, wovon wahrscheinlich die größere wasserhaltende Kraft der beiden letztern Erden eine der Ursachen ist.

34) Nicht selten geschieht es so, daß Jahre lang Samen im Boden liegen, welche sich erst später unter günstigen Umständen entwickeln; oft scheint dieses zum Verdrusse der Landwirthe mit untergepflügtem Unkrautsamen der Fall zu sein.

Ich wiederholte diese Versuche noch zweimal mit demselben Erfolge; sie zeigen, daß bei den Erden Lockerheit und Feuchtigkeit eine der nothwendigsten Bedingungen zur Vegetation sind, und daß der reine Thon nicht sowohl durch seine große Nässe und wasserhaltende Kraft, als vielmehr durch seine große Konsistenz und Festigkeit, auf die Keimung schädlich einwirkt, theils dadurch, daß er mehr mechanisch den sich entwickelnden Samen Schwierigkeiten in den Weg setzt, theils auch den zum Gedeihen der Pflanzen nöthigen Lustgenuss erschwert.

Die Versuche mit Bittererde, welche ich mit verschiedenen Abänderungen wiederholte, zeigten mir, daß sie an sich mit Kohlensäure gesättigt nicht schädlich auf die Vegetation einwirkt; daß sie in gehöriger Verbindung mit andern Erden oft gerade durch ihre große wasserhaltende Kraft nützlich werden kann; daß sie aber in ihrem reinen Zustand wegen ihrer großen Leichtigkeit und großen wasserhaltenden Kraft den Pflanzen keinen sichern Standpunkt gewährt, und bei nasser Witterung zu viel und zu lange die Feuchtigkeit zurückbehält. In ihrem von Kohlensäure reinen gebrannten Zustand ist sie allerdings der Vegetation nachtheilig, wie auch dieses bei der Kalkerde im reinen kaustischen Zustand der Fall ist.

Die Versuche mit reinem Sande stimmen mit den früheren Versuchen von Schrader<sup>35)</sup> und Erell<sup>36)</sup>

35) Schrader's Versuche in Hermbstdts Bulletin, März 1813.

36) Erell's Versuche in Schweiggers Journal der Chemie, Bd. 2 S. 290.

überein, welche zeigten, daß sich überhaupt in lockern unauflöslichen Pulvern, in gepulvertem Glas, Schwerspath, Kohlenpulver, Moos, Wolle, Papierstreifen, Metalloxyden, Schwefelpulver, und selbst bloßem Wasser, Pflanzen bis auf einen gewissen Grad erziehen lassen; nur ist es bei allen diesen Substanzen nothwendige Bedingung, sie in gehörigem Grade der Feuchtigkeit zu erhalten. Wahrscheinlich wird es hieraus, daß die Pflanzen das Vermögen besitzen, aus den chemischen Elementen, welche Wasser und Luft enthalten, die organischen Stoffe zum Theil zusammenzusetzen, welche wir in ihnen finden, obgleich Humus diesen Prozeß sehr befördert, und es bis jetzt nie gelungen ist, in humusreinen Erden Pflanzen auf längere Zeit mit Blüthen und Früchten wiederholt in Vollkommenheit zu erziehen.