

nimmt es in grösster Menge die Stoffe auf, deren Lösungen an sich am wenigsten zäh sind.

4. Wenn man das Gewicht des Extractes, welches der fruchtbarste Boden liefern kann, mit dem Gewicht der getrockneten Pflanze, welche sich auf ihm entwickelte, vergleicht, so findet man, dass sie nur eine sehr kleine Menge ihrer eigenen Substanz aus demselben zu schöpfen vermag.

[272]

Neuntes Kapitel.

Untersuchungen über die Asche der Gewächse.

§ 1.

Ueber die von einigen Schriftstellern angestellten Beobachtungen über die Mengen Asche, welche die Gewächse liefern.

Die Erfahrung lehrte seit Langem, dass die Gewächse von gleichem Gewicht in Bezug auf die Menge von Asche, welche sie hervorbringen können, nach der Art variiren. Doch ging man auf die allgemeine Quelle dieser Erscheinung nicht zurück. Man forschte dem Ursprung dieser Aschen und der Ursache ihrer Verschiedenheit nicht nach. Vordem ich von meinen eigenen Beobachtungen spreche, will ich in wenig Worten die bereits bekannten in das Gedächtniss der Leser zurückrufen.

Die Inspectoren der Salpeterfabrik in Frankreich, [273] *Kirwan* und *Ruckert*^{*)}, fanden, dass bei gleichem Gewicht die krautigen Pflanzen nach ihrem Trocknen mehr Asche als die holzigen Pflanzen liefern. Dies Ergebniss wurde von allen, welche sich mit den Producten der Veraschung beschäftigten, bestätigt. *Pertuis* lieferte für dies Princip eine schöne Bestätigung, als er ermittelte, dass der Stamm der Bäume weniger Asche als die Zweige, und diese weniger Asche als die Blätter hervorbringen. (*Annales de Chimie*, tome XIX.) Dies ist aber auch Alles von den Ergebnissen dieses Schriftstellers, woran man sich halten kann; seine anderen Behauptungen, 1. dass die trocken verbrannten Pflanzen weniger Asche als die frisch verbrannten enthalten, 2. dass faules Holz weniger Asche als ge-

^{*)} Mémoire sur les Engrais, par *Kirwan*. Société royale d'Irlande, vol. 5, p. 129, und *Ruckert's* Feldbau.

sundes Holz liefert, 3. dass die zur Reifezeit verbrannten Pflanzen mehr Asche als vor oder nach derselben geben, 4. dass die Gewächse im Allgemeinen um so mehr lösliche Salze an das Wasser abgeben, je mehr Asche sie enthalten, scheinen mir der Aenderung bedürftig zu sein. Es ist zu bedauern, dass man unter den sechzig von *Pertuis* ausgeführten Veraschungen nur vier findet, [274] welche mit getrockneten Pflanzen und ohne Beimischung unbekannter Pflanzen angestellt worden sind. Die Unsicherheit, in welcher uns das unvollkommene Trocknen lässt, das in ungenauer Weise durch die Brüche ein Halb, ein Viertel, drei Viertel geschätzt wird, setzt den Schlussfolgerungen, welche man aus diesen Versuchen ziehen könnte, eine Grenze, besonders wenn die Gewächse, wie man nach den Ergebnissen argwöhnen muss, nicht vor Regen geschützt gehalten wurden, nachdem sie abgeschnitten worden waren. Trotz dieser geringen unvermeidlichen Ungenauigkeiten im Verlaufe einer langwierigen Arbeit kann man den Nutzen der Untersuchungen dieses Schriftstellers nicht verkennen, der keine physiologische Beobachtungen, sondern Extraktionen von alkalischen Salzen im Grossen im Auge hatte.

§ 2.

Ueber das Princip, nach dem die Asche an Menge in den holzigen oder krautigen Pflanzen schwankt.

Bei einem so neuen und verwickelten Gegenstande, mit dem ich mich nun beschäftige, werden die von mir gegebenen Erklärungen ohne Zweifel sehr oft gewagt sein; aber ich habe Grund zu glauben, dass die Beobachtungen, welche ihnen als Grundlage dienen, es nicht sind, wenigstens nicht für die von mir geprüften Arten; [275] denn, obgleich meine Veraschungen zahlreich sind, sind sie vielleicht nicht immer zahlreich genug, als dass wir uns zu allgemeinen Schlussfolgerungen erheben könnten.

Ich werde die Gewächse nur im getrockneten Zustande und nach gleichen Gewichtsmengen betrachten; das Vegetationswasser wechselt nach der besonderen Constitution jedes Individuums ein und derselben Art, nach dem Alter der Pflanze und dem Klima so, dass es vor allen Dingen darauf ankommt, diese Quelle des Irrthums zu meiden.

Die Untersuchungen der Schriftsteller, welche ich in dem vorhergehenden Paragraphen auführte, und die meinigen (wie

man sie in der Tabelle der Veraschungen am Ende dieses Kapitels findet) zeigen übereinstimmend, dass die holzigen Pflanzen weniger Asche als die krautigen Pflanzen enthalten. Wenn die Gewächse, wie wir im Kapitel VIII erkannt haben, erdige und salzige Stoffe nur in flüssiger Form in ihr Inneres eindringen lassen, so müssen sie um so mehr Asche enthalten, je reichlicher die Aufsaugung oder die Transpiration ist; denn diese beiden Functionen sind stets wechselsweise von einander abhängig. *Hales**) und *Bonnet***) zeigten, [276] dass die krautigen Pflanzen mehr Wasser als die holzigen transpiriren; diese letzteren müssen also weniger Asche enthalten.

Die Blätter der immergrünen Bäume transpiriren nach der Beobachtung von *Hales* weniger als die der sich im Herbst entlaubenden Bäume. Die letzteren sind aus diesem Grunde aschereicher. Man vergleiche am Ende des Kapitels die Veraschungen der im getrockneten Zustande verbrannten Pflanzen Nr. 1, 2, 16, 31 mit den Veraschungen Nr. 67, 71, 74.

Die Blätter immergrüner Bäume transpiriren in der That während des ganzen Jahres; doch ist die Wirkung im Winter sehr klein oder fast Null, und es ist wahrscheinlich, dass sie in dieser Jahreszeit durch die Waschungen des Regenwassers ebenso viel Asche verlieren, wie sie aufnehmen.

Wenn eine Salzlösung in einem Gefäss enthalten ist, welches dieselbe durch ihre Poren hindurch verdunsten lässt, so setzt sich das Salz in grösster Menge dort ab, wo die Verdunstung am reichlichsten ist. Die Vertheilung der Asche in der Pflanze stimmt im Allgemeinen mit diesem Princip überein. Da die Transpiration durch den Stengel geringer ist als durch die Blätter, so sind diese reicher an Asche. Man vergleiche die Veraschung Nr. 29 mit der folgenden, Nr. 67 mit Nr. 69, Nr. 71 oder 72 mit der folgenden.

[277] Nach den Beobachtungen von *Hales* transpiriren die Blätter mehr als die Früchte. Diese liefern viel weniger Asche. Man vergleiche unter den Veraschungen Nr. 30, 31 oder 32 mit Nr. 34, Nr. 51, 52, 53 mit Nr. 54 und Nr. 57, 58, 59 mit Nr. 61.

Die Rinde ist der unmittelbare Sitz der Transpiration des Stammes und enthält viel mehr Asche als die inneren Theile. Man vergleiche unter den Veraschungen Nr. 5 und 6 mit Nr. 7,

*) *Statique des Végétaux*, édition française, p. 3 et 43.

**) *Recherches sur l'usage des Feuilles*, p. 77, édit. in 8°.

siehe ferner Nr. 14 und 15, Nr. 20 und 21, Nr. 22, 23 und 24, Nr. 26, 27 und 28.

Die Asche nimmt in den Blättern der Bäume zu von dem Augenblick an, wo sie aus der Knospe heraustreten, bis zu demjenigen, wo sie gelb werden und abfallen. Siehe Nr. 1 und 2, Nr. 12 und 13, Nr. 16, 18 und 19, Nr. 30, 31 und 32. Die Pflanzen müssen in allen Theilen, welche keine Veränderung in ihrer Gestalt und ihrer Energie zu vegetiren mehr erleiden, Asche aufspeichern. In allen Zeitabschnitten wählte ich vollkommen grüne und gesunde Blätter aus; doch trug ich Sorge im Winter und Herbst nur diejenigen zu sammeln, welche die ältesten zu sein schienen.

Die soeben von mir mitgetheilten Ergebnisse [278] können nicht mehr auf einjährige Pflanzen angewandt werden, welche in ihrer Gesamtheit mit Einschluss der todtten Theile, die sie besitzen können, geerntet und verbrannt werden. Die Asche dieser Pflanze vermindert sich in dem Maasse, wie ihre Entwicklung fortschreitet. Man vergleiche in der Tabelle der Veraschungen Nr. 35 und 36, Nr. 37, 38 und 39, Nr. 43, 44 und 45, Nr. 46, 47 und 48, Nr. 51, 52 und 53, Nr. 57, 58 und 59. Der Grund dieser Verschiedenheit rührt daher, dass die einjährigen Pflanzen in dem Maasse, wie sie altern und wie sie neue Bildungen hervorbringen, die untersten Blätter verlieren, welche die ältesten und folglich die aschereichsten sind. Wenn diese Blätter nicht abfallen, vergehen oder vertrocknen sie und geben in diesem Zustande des Absterbens ihre löslichen Bestandtheile dem Regenwasser, dem Thau und selbst dem Transpirationswasser preis. Könnte man das Verhältniss an Asche in einem einzelnen Blatte einer einjährigen Pflanze, vordem dieser Theil eine Veränderung erleidet, verfolgen, so würde man wahrscheinlich sehen, dass die Asche zunimmt, wie man es an den Blättern der oben aufgeführten Bäume wahrnimmt.

Die Aschemenge scheint bei den einjährigen Pflanzen in dem Maasse zuzunehmen, wie sie altern, wenn man sie im frischen Zustande betrachtet. Man vergleiche Nr. 37 und 38, Nr. 47 und 48. [279] Doch ist dies nur eine durch das Vegetationswasser hervorgerufene Täuschung. Der Verlust dieses Wassers, der um so grösser ist, je weiter die Entwicklung vorgerückt ist, scheint das Verhältniss der Asche in dem Gewächse zu vergrössern, je näher dies durch denselben dem Trockenzustand gebracht wird.

Die Asche häuft sich nicht in unbestimmter Weise im Stamm

der Bäume an. Der Splint enthält mehr Asche als das Holz. Man vergleiche in der Veraschungstabelle Nr. 5 und 6, Nr. 22 und 23, Nr. 26 und 27. Wenn die Splintlagen erhärten und in den Zustand des Holzes übergehen, überlassen sie den aufsteigenden Säften die Asche, welche sie während ihres Wachstums aufgespeichert hatten.

Ich nahm frische Nussblätter, liess den einen Theil derselben trocknen und wusch den anderen Theil wiederholt mit kaltem destillirtem Wasser. Dieser letztere wurde dann gleichfalls getrocknet; hundert Gewichtstheile der gewaschenen Blätter lieferten weniger Asche als hundert Gewichtstheile der nicht gewaschenen Blätter. Dies Ergebniss kann zum Theil als Grundlage für die vorhergehende Erklärung dienen.

Ein verfaultes Gewächs liefert bei gleichem Gewicht mehr Asche, als das nämliche Gewächs nicht gefault. Hundert Gewichtstheile faules Holz gaben mir mehr Asche als hundert Gewichtstheile gesundes Holz. Aber diese Erscheinung setzt in mehreren Fällen voraus, [280] dass das Gewächs nicht durch fliessendes Wasser während der Fäulniss ausgewaschen worden sei.

§ 3.

Ueber die Zusammensetzung der Asche im Allgemeinen.

Ueber den Einfluss des Bodens.

Die alkalischen Salze des Kalis oder des Natrons, die phosphorsauren Erden des Kalks oder der Magnesia, der freie oder kohlensaure Kalk, die Kieselsäure und die Oxyde des Eisens und des Mangans bilden vereinigt oder getrennt die wichtigsten Bestandtheile der Asche und die einzigen, mit denen ich mich beschäftigen werde; die Asche enthält noch viele andere, welche aber durch ihre kleine Menge sehr häufig unserer Beobachtung entgehen. Die Asche umschliesst vielleicht alle Stoffe, welche durch die Wirkung des zur Verbrennung benutzten Feuers nicht verflüchtigt werden können. Denn es ist möglich, dass unsere Atmosphäre alle Elemente suspendirt enthält, und dass eine ausgebildete Analyse ihre Spuren auf allen Böden erkennen lässt.

Die Analyse zeigt, dass die vorwaltenden Bestandtheile der Asche im Humus enthalten sind, und dass sein löslicher Bestandtheil, welcher allein in das Gewächs eindringt, diese Bestandtheile in viel grösserem Verhältniss enthält als der unlösliche Theil. [281] (Vergleiche in der Tabelle der Analysen Nr. 10

und 11, Nr. 76 und 77, Nr. 78 und 79.) Ihr Vorhandensein in der Pflanze ist demnach nur natürlich, und ihre Abwesenheit würde grösseres Erstaunen erregen.

Die Natur des Bodens hat unter sonst gleichen Umständen einen merklichen Einfluss auf das Schwanken der Aschemengen bei den meisten Gewächsen. Ich habe die Einzelheiten eines Versuches mitgetheilt (Kap. VIII), in welchem ich *Polygonum persicaria* in einer Salzlösung und in destillirtem Wasser wachsen liess. Die ersteren Pflanzen haben bei gleichem Gewicht fast zweimal mehr Asche geliefert als die letzteren. Ich liess Saubohnen sich nach drei verschiedenen Verfahren entwickeln. Die ersten wurden geschützt vor Regen mit destillirtem Wasser ernährt. Hundert Theile der Pflanzen, welche diese Samen hervorbrachten, enthielten im trockenen Zustande zur Blüthezeit 3,9 Theile Asche. Gleiche Samen wurden in mit Kies gefüllte Glaskapseln gesät und auf die Erde ins Freie gestellt; sie wurden theils natürlich, theils künstlich mit Regenwasser begossen. Hundert Theile dieser blühenden Pflanzen lieferten getrocknet 7½ Theile Asche. [282] Schliesslich gaben blühende Saubohnenpflanzen, welche im freien Lande in einem Gemüsegarten wuchsen, 12 Theile Asche.

Das Verhältniss der Bestandtheile der Asche steht fast immer in Beziehung zu demjenigen der Bestandtheile, welche den Boden aufbauen. Die Pflanzen, welche auf einer von einem kieselhaltigen Gebirge herrührenden Erde wachsen, liefern unter sonst gleichen Umständen Asche, welche weniger Kalk und mehr Kieselsäure enthält als diejenigen, welche auf einer kalkhaltigen Erde wuchsen. (Man vergleiche in der Tabelle der Analysen Nr. 67 und 68, Nr. 71 und 72, Nr. 74 und 75.) Der Boden von Breven oder des Granitgebirges, auf welchem ich die kieselhaltigen Ernten gewann, war viel reicher an Eisenoxyd als derjenige des Kalkgebirges. Der nämliche Unterschied ist in der Asche zu beobachten. Alle Pflanzen wurden zu derselben Jahreszeit geerntet, indessen war die Vegetation auf dem kieselhaltigen Boden etwas mehr zurückgeblieben, und dieser Umstand bewirkte, wie ich im Folgenden zeigen werde, das Verhältniss der Kieselsäure und des Eisenoxyds in der Asche der Pflanzen, welche auf diesem Boden wuchsen, zu verkleinern.

Die Unterschiede in den Producten des kalkhaltigen und des kieselzureichenden Bodens sind nur insoweit fühlbar, als die die Gewächse ernährenden Extractivstoffe verschiedene Mengen Kieselsäure und Kalk enthalten. [283] Die Pflanzen, welche auf

mit dem nämlichen Dünger oder dem nämlichen Humus verbesserten Kalk- und Granitsand wachsen würden, würden ähnliche Aschen enthalten; darüber kann man sich aus dem Versuch von *Lampadius*, welcher in dem Journal des mines Nr. 65 verzeichnet ist, ein Urtheil bilden. Dieser Schriftsteller liess in einem Garten fünf Beete von je vier Fuss Oberfläche und ein Fuss Tiefe herstellen; getrennt waren sie durch Bretter. Jedes Beet war mit sehr reiner Erde und acht Pfund Kuhdünger gefüllt. Diese Erden waren Thonerde, Kieselsäure, Kalk, Magnesia und Gartenerde. Es wurde Roggen hineingesät und gefunden, dass seine Asche auf allen fünf verschiedenen Erden die nämlichen Stoffe enthielt. Hieraus schliesst unser Autor, dass die Kieselsäure sich während des Vegetirens der Pflanzen bilde und keine Beziehung zur Natur des Bodens, auf dem die Pflanze wächst, habe. Da *Lampadius* jedoch die Asche des Kuhdüngers, welche allein den Roggen ernährte, nicht untersucht hat, so kann man diese Schlussfolgerung nicht ziehen. Das einzige sichere Resultat, zu dem das soeben mitgetheilte Experiment führen kann, ist das, dass die Erden nicht in die Gewächse eindringen, wenn sie sich nicht im löslichen Zustande befinden. [284] Uebrigens werde ich im Folgenden zeigen, dass die freie Atmosphäre eine kleine Menge Asche in die Gewächse hineinbringt.

Ich will jetzt untersuchen, warum die Pflanzen verschiedener Arten, die auf dem nämlichen Boden wachsen, nicht alle Bestandtheile ihrer Asche in demselben Verhältniss enthalten, und warum die Asche ausserdem in den verschiedenen Theilen ein und desselben Gewächses variirt. Die Erklärungen, welche ich in Bezug auf diesen Gegenstand geben kann, sind weit davon entfernt, vollständig zu befriedigen, da sie oft durch eine Kenntniss bedingt sind, die mir fehlt, nämlich durch die von der vegetabilischen Organisation. Aber sie sind weniger widersinnig als diejenigen, welche den Gewächsen eine schöpferische Kraft für alle ihre Elemente zuschreiben; und wenn meine Betrachtungen irrig sein sollten, so hoffe ich wenigstens die Aufmerksamkeit auf neue Beobachtungen zu lenken. Ich werde in der Asche ihre hauptsächlichsten Bestandtheile getrennt prüfen.

§ 4.

Von den alkalischen Salzen in der Asche.

1. *Beobachtung.* Die alkalischen Salze*) bilden ohne Vergleich den reichlichsten Bestandtheil der Aschen einer grünen krautigen Pflanze, [285] deren Theile sich alle im Zustand des Wachstums befinden. Ich war erstaunt, als ich fand, dass die Asche der jungen Pflanzen von Goldrute Nr. 43, die auf einem unfruchtbaren und nicht cultivirten Gebiet gewachsen waren, diejenige der Saubohne Nr. 37, der Sonnenblume Nr. 46, des Weizens Nr. 51 und des Mais Nr. 57 wenigstens drei Viertel ihres Gewichtes an alkalischen Salzen enthielt. Man kann fast das Nämliche von der Asche derjenigen Baumblätter sagen, welche aus ihren Knospen hervorbrechen; sie enthalten wenigstens die Hälfte und zuweilen drei Viertel ihres Gewichtes davon. Die Hälfte traf ich an in der Asche der Nuss- und Pappelblätter am 26. Mai, drei Viertel in den Eichenblättern am 10. Mai vor ihrer vollständigen Entfaltung; und alle diese Bäume wuchsen in einem uncultivirten Boden von schlechter Qualität. Diese Erscheinung kann nicht überraschen, da wir erkannt haben, dass die Asche des Extractes eines nicht cultivirten Humus mindestens die Hälfte ihres Gewichtes an alkalischen Salzen lieferte. (Man vergleiche Kap. V, § 3 und in der Analysentafel Nr. 76 und folgende.) [286] Aber selbst wenn im Extract dies Product sehr viel kleiner wäre, könnte es in der Pflanze doch unendlich viel grösser sein, wenn die alkalischen Salze, was man annehmen muss, die feinsten, die am wenigsten zähen Theile von allen festen Theilen des Extractes sind. Ich zeigte im Kap. VIII, dass die verschiedenen Substanzen, welche in ein und derselben Lösung enthalten sein können, nicht im gleichen Verhältniss, sondern im umgekehrten Verhältniss zu ihrer Zähigkeit in das Gewächs eindringen würden.

2. *Beobachtung.* Das Verhältniss der alkalischen Salze vergrössert sich niemals merklich, vermindert sich aber sehr oft in dem Maasse, wie sich die Pflanze entwickelt und auf dem nämlichen Boden alt wird. Diese Beobachtung erstreckt sich nicht

*) Ich adoptire hier die älteste Bezeichnung, welche den Namen alkalische Salze nur denjenigen beilegt, von denen Kali, Natron oder Ammoniak einen der Bestandtheile ausmachen; nur ist hier letzteres auszuschliessen, weil es in die Zusammensetzung der Asche nicht eingehen kann.

nur auf die einjährigen Pflanzen, sondern auch auf die Baumblätter im Laufe einer Vegetationsperiode. Eine Pflanze, welche aus der Erde hervorbricht, ein Blatt, das aus der Knospe heraustritt, enthält zu dieser Zeit eine Asche, welche ebenso oder gewöhnlich reicher an alkalischen Salzen ist, als in irgend einem anderen Zeitabschnitt der Vegetation. Man vergleiche in der Analysentabelle Nr. 1 und folgende, Nr. 12 und folgende, Nr. 16, 18 und folgende, Nr. 30 und folgende, Nr. 35 und folgende, Nr. 43 und folgende, Nr. 46 und folgende, 51 und folgende, 57 und folgende. [287] Dieser Entzug an salzigen Stoffen ist um so grösser, je weiter die Vegetation vorgerückt ist. Ein Gewächs, das im Mai aus der Erde hervorbricht, verliert weniger Salze zwischen Mai und Juli als zwischen Juli und September.

Wächst man eine frische Pflanze mit Wasser (Analysentabelle Nr. 16 und 17), so entzieht ihr die Flüssigkeit die alkalischen Salze in grösserem Verhältniss als alle anderen Bestandtheile der Asche. Um so weniger nimmt die Flüssigkeit von derselben auf, oder die Pflanze hält sie mit um so grösserer Energie zurück, je grösser ihre Lebenskraft oder je weniger weit ihre Entwicklung vorgerückt ist. Das Wasser, welches um die Wurzeln circulirt, das Regenwasser, welches auf die Blätter fällt, endlich dasjenige Wasser, welches sie transpiriren, entzieht die Salze, wie ich es soeben mitgetheilt habe, und zwar in grösserem Maasse, als die Pflanze sie aufnimmt.

3. *Beobachtung.* Die alkalischen Salze sind in der Asche der Rinde in viel grösserem Verhältniss als in der Asche des Holzes und des Splintes enthalten. Siehe Nr. 4, Nr. 7, Nr. 15, Nr. 21, Nr. 24, Nr. 28. Die Rinde erneuert sich nur sehr langsam; sie ist das ganze Jahr über dem Abwaschen durch den Regen und den Thau ausgesetzt; sie ist mit einer todtten Substanz, der Epidermis oder dem Kork, versehen; sie muss mehr denn irgend ein anderer Theil ihrer löslichsten Salze beraubt werden. [288] Indessen scheint es nicht, dass dies Ergebniss ausschliesslich den mitgetheilten Ursachen zugeschrieben werden könne.

4. *Beobachtung.* Die Asche des ausgebildeten Holzes ist fast ebenso reich an alkalischen Salzen wie diejenige des ihm anhaftenden Splintes. Man vergleiche in der Analysentabelle Nr. 5 und 6, Nr. 22 und 23, Nr. 27 und 28.

Dies Ergebniss ist eigenthümlich; es steht im Gegensatz zu der Verminderung der Asche im Holze und zu den anderen Stoffen der nämlichen Asche. Das wohl ausgebildete Holz gesunder und kräftiger Bäume wie dasjenige, welches ich

verbrannt, ist keine todte Substanz; es dient dem Saft als Leitungsbahnen oder Canäle; und es ist wahrscheinlich, dass diese Canäle, sehr viel enger oder dichter als diejenigen des Splintes, nur den flüssigsten Säften wie denjenigen, welche die salzigen Substanzen enthalten, Zutritt gewähren, und dass diese nämlichen Canäle für die anderen Stoffe ein unübersteigliches Hinderniss sind. Ueberdies ist das Holz den atmosphärischen Einflüssen entzogen und verliert durch dieselben fast gar nichts von den Salzen, die es erlangt.

Es scheint mir, dass die Asche des Holzes unter sonst gleichen Verhältnissen um so reicher an salzigen Substanzen sein muss, [289] je härter dasselbe ist, weil seine Canäle enger sind, und weil seine ganze Substanz sich weniger vom Regenwasser durchtränken lässt. Die Langsamkeit des Wachsthum der Bäume mit hartem Holze jedoch bringt ohne Zweifel häufige Abweichungen von diesem Princip mit sich. Werden die weichen Hölzer schneller der erworbenen Salze beraubt, so empfangen sie zum Ersatze dafür in der nämlichen Zeit sehr viel mehr davon durch die Schnelligkeit ihrer Aufsaugung und ihres Wachsthum.

5. *Beobachtung.* Die Asche der Samen ist reicher an alkalischen Salzen als die Asche der Pflanze, welche sie trägt: man vergleiche in der Analysentabelle Nr. 29, 32, 34, 40, 41, 54, 55, 60, 61, 63 und 64. Die meisten Samen sind in sehr wenig porösen Hüllen eingeschlossen, welche sie vor atmosphärischen Einflüssen schützen; sie transpiriren wenig, sie müssen also ihre Salze behalten; überdies hängen sie mit der übrigen Pflanze nur durch sehr feine und zarte Canäle zusammen, welche nur die allerflüssigsten Säfte hinzutreten lassen. Der berühmte *Vauquelin* hat eine meiner soeben mitgetheilten Beobachtung entgegengesetzte gemacht. Als er die Asche von Hafersamen mit derjenigen eines aus Körner tragenden Pflanzen gebildeten Schobers verglich, der zufällig zu Ecouen abbrannte, sah er (*Annales de Chimie*, tom. 29), [290] dass keineswegs der Same allein alkalische Salze enthält, sondern dass die ganze Pflanze damit ausgestattet ist. Hiergegen habe ich im Allgemeinen zu bemerken: 1. dass die Zeit der Ernte so grosse Veränderungen in der Zusammensetzung der Asche einführt, dass man die verschiedenen Theile eines und desselben Gewächses, wenn die Pflanzen nicht zu derselben Zeit und auf dem nämlichen Boden geerntet worden sind, nicht mit einander vergleichen kann; 2. dass dieser Chemiker nicht den reinen Samen des Hafers, sondern den Hafer mit der Spreu verbrannt, denn ich erhielt wie er 3,1 Theile

Asche auf 100 Theile ungeschälten Hafer, aber ich fand nur 1,7 Theile Asche in 100 Theilen spelzen- oder kelchfreiem Hafer. Die Spelze macht ungefähr den dritten Theil vom Gewicht des ungeschälten Samens aus; und 100 Theile dieser Hülle enthalten ungefähr dreimal mehr Asche als 100 Theile des nackten Samens. Die von *Vauquelin* geprüfte Asche enthielt also mehr als drei Viertel ihres Gewichtes den Spelzen zugehörige Asche.

Ich analysirte die Asche der mit dieser Umhüllung versehenen Haferkörner, sie lieferten mir mit rein wässriger Lauge keine alkalischen Salze; als ich jedoch diese Asche mit Salpetersäure löste, [291] als ich die Kieselsäure durch das Filter und die erdigen Phosphate durch Ammoniak trennte, als ich endlich die übrig bleibende Flüssigkeit einer schrittweise bis zur höchsten Erwärmung getriebenen Verdampfung unterwarf, erhielt ich als Rückstand auf 100 Theile Asche des mit Spelzen versehenen Hafers 15 Theile alkalische Salze.

Die Schwierigkeit, eine hinreichende Menge unbeschädigter nackter Hafersamen zu erhalten, verhinderte mich, eine genaue Analyse ihrer Asche anzustellen und sie mit derjenigen ihres Strohes zu vergleichen; aber ich habe Grund zu glauben, dass die Ergebnisse diejenigen, welche mir die anderen Samen lieferten, bestätigen würden, und dass sie zeigen würden, dass die Asche des nackten Haferkornes mehr als die Hälfte ihres Gewichtes an alkalischen Salzen enthält. Ich habe dieser Discussion mehr Zeit gewidmet, als sie verdiente. Die Ergebnisse *Vauquelin's* sind ohne Zweifel vollkommen genau; aber der Zeitpunkt der Ernte oder der Umstand, dass der Same dem Regen ausgesetzt war, genügt, um die Verschiedenheiten unserer Analysen zu erklären.

Auf dem nämlichen Boden enthält die Asche der Samen nahezu ebenso viel alkalische Salze wie die Asche der Pflanze, welche aus ihnen hervorgeht, zu einer Zeit, wo die Asche am meisten davon enthält, d. h. in den ersten Lebensabschnitten. [292] In dieser Beziehung erhielt ich nur sehr geringe Abweichungen, und man muss dieselben zum grossen Theil dem Umstand zuschreiben, dass meine Analysen mit dem ganzen Samen angestellt worden sind. Die gesammte Substanz dient dem Gewächs nicht als Nahrung; blos der innere Theil des Kornes wird zu dieser Function verwendet. Nun fand ich aber, dass die Kleie oder der äussere Theil des Weizenkornes ein Bischen weniger alkalische Salze enthielt als das Korn selbst, und dieser Kleie war eine bestimmte Menge Mehl beigemischt.

Ich habe mich weit in Einzelheiten über die Vertheilung der alkalischen Salze in den Pflanzen eingelassen, weil die Vertheilung der anderen festen Stoffe ihr an Bedeutung fast gänzlich nachsteht.

§ 5.

Ueber die phosphorsauren Erden in der Asche.

Die phosphorsauren Erden, nämlich diejenigen des Kalks und der Magnesia, bilden in den Humusextracten eine in Wasser lösliche Verbindung, welche nur die Natur hervorbringen kann. Es ist uns unbekannt, ob diese Salze dem Extract wesentlich sind; wie dem aber auch sein möge, so verstehe ich, wenn ich von der Löslichkeit der Phosphate in Wasser rede, darunter nur die Löslichkeit des extractiven Theiles, der sie enthält. [293] Es verhält sich ebenso mit der Kieselsäure, dem Kalk und den Metalloxyden.

Die phosphorsauren Erden sind nach den alkalischen Salzen der reichlichste Bestandtheil der Asche einer grünen krautigen Pflanze, deren sämtliche Theile sich im Zustande des Wachstums und des Vegetirens befinden. Man muss annehmen, dass sie nach den alkalischen Salzen den feinsten, am wenigsten zähen Theil der festen Bestandtheile des Extractes ausmachen. Diese beiden Arten von Salzen weisen fast immer bis auf die Menge und aus denselben Gründen das nämliche Verhalten in der Asche auf.

Wenn man mit Wasser ein Gewächs abwäscht, so werden ihm durch dasselbe die phosphorsauren Erden in viel grösserem Verhältniss als alle anderen Aschenbestandtheile entzogen, ausgenommen die alkalischen Salze. Man vergleiche in der Analysentabelle Nr. 16 und 17.

Das Blatt eines Baumes enthält an phosphorsauren Erden reichere Asche, wenn es aus der Knospe hervorbricht, als in irgend einem späteren Lebensabschnitt. Siehe Analysentabelle Nr. 1, 2 u. f.

Das Verhältniss der phosphorsauren Erden vermindert sich in der Asche der einjährigen Pflanzen von dem Zeitpunkt der Keimung bis zu demjenigen der Blüthe: Man vergleiche Nr. 37, 38, 43, 44, 46, 47, 51 und 52. [294] Aber diese Phosphate scheinen zur Zeit der Reife der Samen zuzunehmen, wenn letztere in reichlicher Menge vorhanden sind. (Man vergleiche die Nummern, welche auf die soeben aufgeführten folgen.) Dieser

umgekehrte Gang ist eine durch die Veränderung von Bestandtheilen, welche bei dem Veraschungsvorgang statthat, hervorge-rufene Täuschung. Die Phosphate haben sich in der Pflanze vermindert und in ihrer Asche vermehrt. Die Asche der Samen ist reichlich mit phosphorsaurem Kali versehen und frei von kohlen-saurem Kalk. Die Asche der Stengel und Blätter enthält zur Zeit der Fruchtreife nur wenig oder kein phosphorsaures Kali und als Ersatz dafür kohlen-sauren Kalk; man vergleiche die Analysen Nr. 40, 41, 54, 55, 60, 62, 63 und 64. Wenn die Asche der Stengel und der Samen sich während der Ver-aschung mischen, zersetzt der freie oder kohlen-saure Kalk das phosphorsaure Kali, indem es phosphorsaure Erde bildet. Er verwandelt also ein alkalisches Salz in ein erdiges und lässt dies letztere in der Asche reichlicher erscheinen, als es in der Pflanze vorhanden ist. Dies Resultat ist sehr auffallend in den Aschen-analysen von Saubohnenpflanzen mit den reifen Samen und von diesen Pflanzen ohne Samen und von den Samen für sich: Nr. 39, 40 und 41.

[295] Die Menge der phosphorsauren Erde, welche der Same allein in viel grösserem Verhältniss enthält als der Stengel, ge-nügt nicht, um die durch die Veraschung der ganzen mit Samen versehenen Pflanze erhaltene Zunahme an phosphorsaurer Erde zu erklären, wenn man diejenige phosphorsaure Erde nicht mit dazu rechnet, die zum Theil von der Zersetzung des in den näm-lichen Samen enthaltenen phosphorsauren Kalis herrührt.

Die Asche der Rinde enthält eine viel weniger grosse Menge phosphorsaurer Erden als diejenige des Splintes; man vergleiche in der Analysentabelle Nr. 6, 7, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 27 und 28. Der Grund davon ist der nämliche wie für die alkalischen Salze, § 4.

Die Asche des Splintes enthält mehr phosphorsaure Erden als diejenige des Holzes. Dies Ergebniss entspricht der Aschen-verminderung in letzterer Substanz (vergleiche die Tabelle der Veraschungen); aber es steht im Widerspruch mit der Gegen-wart der alkalischen Salze in demselben Holze. Ich habe § 4 versucht, eine Erklärung für diese Abweichung zu geben; übrigens betrachte ich die angegebene Ursache nicht als vollkommen aus-reichend. Es ist möglich, dass die Theile, welche aufhören zu wachsen, ihre Phosphorsäure verlieren oder zersetzen und nur die Erde des Phosphats zurückhalten.

[296] Die Entdeckung einer grossen Menge Phosphor in den Samen ist sehr alt; sie stammt aus der Zeit *Pott's* und wurde

von *Margraff* bestätigt*). *Vauquelin* erkannte, dass die Stengel des Weizens und des Hafers weniger Phosphate enthalten als die Samen. Diese Ergebnisse sind durch meine Beobachtungen an mehreren anderen sehr verschiedenartigen Pflanzen bestätigt worden. Dieser berühmte Chemiker konnte in Gemeinschaft mit seinem Collegen *Fourcroy* phosphorsaure Ammoniak-Magnesia aus einigen Samen vor ihrer Verbrennung gewinnen: Wahrscheinlich bildet sich durch die Einwirkung des Kalis auf dies Phosphat phosphorsaures Kali, welches mich meine Analysen in so reichlicher Menge in mehreren Aschen entdecken liessen. Es entsteht sicher auch noch durch die Einwirkung des Kalis auf die einfachen Phosphate des Kalks und der Magnesia, wie man ausführlich in § 12 sehen wird.

[297]

§ 6.

Vom freien oder kohlen sauren Kalk in der Asche.

Als ich Blätter mit Wasser wusch (Analysentabelle Nr. 16 und 17), nahm das Verhältniss des kohlen sauren Kalks in ihrer Asche durch diese Operation zu. Diese Wirkung fand nur durch einen grösseren Entzug der anderen festen Bestandtheile, nämlich der alkalischen Salze und der Phosphate statt. Aus diesem Grunde begreift man, warum ich in allen meinen Analysen Nr. 1, 2, 12, 13, 14, 16, 18, 35, 36 u. s. w. gefunden habe, dass das Verhältniss des kohlen sauren Kalkes in dem Maasse sich vergrösserte, wie die Pflanze wuchs, weil sie ihre Salze und Phosphate in viel grösserem Verhältniss als den Kalk verlor.

Man findet aber selten Pflanzen, welche durch eine besondere Beschaffenheit ihre Salze fast nahezu in dem nämlichen Verhältniss während ihrer ganzen Lebenszeit bewahren; bei diesen vermehrt sich der kohlen saure Kalk nicht merklich, wie es z. B. für die Saubohnenpflanzen zutrifft.

In den grünen krautigen Pflanzen, [298] deren sämtliche Theile sich im Zustand des Wachsthums befinden, kommt der kohlen saure Kalk nur in sehr geringer Menge vor; sie enthalten kaum mehr als 10 oder 12 Hundertstel davon, und ich glaube, dass aus nahezu gleichen Theilen kohlen sauren Kalks und alkalischer Salze zusammengesetzte Asche für eine einzige dieser Pflanzen ein unmögliches Product sein würde, wenigstens auf

*) *Opuscles chimiques de Margraff*, t. I. p. 68.

natürlichem Standort. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, dass die in der grünen Pflanze vorhandenen alkalischen Salze zum grossen Theil aus phosphorsauren Alkalien bestehen, welche sich bei der Veraschung in phosphorsaure Erden verwandeln.

Wir schliessen also hieraus nicht, dass, weil gewisse Pflanzen (wie z. B. die Gramineen vor ihrer völligen Entwicklung) keinen freien oder kohlensauren Kalk bei der Veraschung liefern, die Substanz, welche diese Erde in den anderen Pflanzen hervorbringt, in den uns beschäftigenden nicht vorkomme; es ist sogar sehr wahrscheinlich, dass sie sich darin findet.

Die Asche der Rinden enthält eine ausserordentlich grosse Menge kohlensauren Kalk und viel mehr als der Splint, weil sie ihrer alkalischen Salze und ihrer phosphorsauren Erden beraubt sind. Siehe Nr. 6, 7, 14, 15, 23, 24, 27 und 28.

Die Asche des ausgebildeten Holzes enthält mehr kohlensauren Kalk als der Splint, [299] weil sie frei von Phosphaten ist.

Die Asche der meisten Samen und selbst aller der von mir geprüften enthält keinen kohlensauren Kalk, weil sie reichlich mit phosphorsaurem Kali versehen ist. Durch die Gegenwart dieses Salzes kann es sich ereignen, dass samenreiche Pflanzen zur Zeit der Blüthe an kohlensaurem Kalk reichere Asche liefern als zur Zeit der Fruchtreife.

Die Samen mancher Lithospermumarten brausen mit Säuren leicht auf; sie enthalten kohlensauren Kalk oder Magnesia vor der Verbrennung; doch ist es möglich, dass ihre Asche diese Erden im freien Zustande oder als kohlensaure Verbindung nicht liefert.

§ 7.

Von der Kieselsäure in der Asche.

Die Kieselsäure ist nur in grosser Menge in der Asche vorhanden, wenn die Gewächse ihrer Salze und Phosphate beraubt sind. Viel alkalische Salze und viel Kieselsäure sind zwei unvereinbare Bestandtheile in der Zusammensetzung einer jungen grünen krautigen Pflanze, [300] deren sämtliche Theile sich im Zustand des Wachstums befinden.

Wenn man eine frische Pflanze mit Wasser wäscht, so nimmt das Verhältniss der Kieselsäure in der Asche der gewaschenen Pflanze zu. Siehe Nr. 16 und 17 der Analysentabelle.

Die jungen Pflanzen, die Blätter, welche aus ihren Knospen hervorbrechen, enthalten Asche, welche sehr wenig reich an

Kieselsäure ist. Das Verhältniss dieser Erde vergrössert sich jedoch in dem Maasse, wie die Pflanze sich entfaltet und sich ihrer alkalischen Salze entäussert. Die reinsten, den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzten Humusarten sind deshalb reich an dieser Erde.

Das Verhältniss der Kieselsäure nimmt nicht merklich in denjenigen Pflanzen zu, welche wie die Saubohnen während ihrer ganzen Lebenszeit das nämliche Verhältniss der alkalischen Salze bewahren.

Ich säete zugleich Mais- und Weizenkörner in denselben Boden aus; als ich die Pflanzen einen Monat nach der Keimung oder einen Monat vor der Blüthe prüfte, fand ich, dass alle sichtbaren Theile des Mais sich im Zustande des Wachstums befanden. [301] Ihre Asche enthielt damals $\frac{8}{100}$ Kieselsäure und $\frac{80}{100}$ alkalische Salze; die Wurzelblätter des Weizens hingegen waren zu dieser Zeit schon trocken oder gelb geworden, obgleich sich die Pflanze im Zustande guten Gedeihens befand. Ihre Asche enthielt damals $\frac{12}{100}$ Kieselsäure und $\frac{65}{100}$ alkalische Salze. Zur Zeit der Blüthe oder einen Monat nach den vorstehenden Beobachtungen vegetirte der Mais in allen Theilen wie vorher und lieferte eine Asche, die $\frac{8}{100}$ Kieselsäure und $\frac{80}{100}$ alkalische Salze enthielt. Der Weizen hingegen hatte, obgleich in lebenskräftigem Zustande, die Zahl seiner trocknen oder gelben Blätter vergrössert; seine Asche enthielt damals 32 Theile Kieselsäure und 54 Theile alkalische Salze. Diese Beobachtungen zeigen uns, wie in Folge von sehr einfachen, aber nach den Vegetationsverhältnissen verschiedener Pflanzen abgeänderten Umständen die Gewächse ungleiche Asche enthalten müssen, selbst wenn vorausgesetzt wird, dass die aufgenommene Nahrung gleich sei. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass sie es nicht einmal auf dem nämlichen Boden ist, und dass die Wurzeln sie bei ihrem Eintritt je nach der mehr oder weniger grossen Oeffnung ihrer Poren verändern.

Die meisten Gramineen unterscheiden sich von anderen Pflanzen durch einen grösseren Gehalt an Kieselsäure; man kann daraus schliessen, [302] dass diese Gramineen viel mehr davon aufnehmen und verlieren; man muss glauben, dass sie eine reichlichere Nahrung aufnehmen, und dass sie sich derselben zum Theil ebenso wieder entäussern. Die an Kieselsäure reichsten Pflanzen müssten unter sonst gleichen Umständen die aussaugendsten Pflanzen sein.

Ich behaupte jetzt nicht, dass diese Gräser sich durch weitere

Poren auszeichnen. Es ist im Gegentheil möglich, dass ihre Poren enger sind, da die Pflanzen in der Jugend weniger kohlen-sauren Kalk und oft mehr alkalische Salze enthalten als die anderen Gewächse; allein man muss zugeben, dass sie eine viel grössere Saugkraft und viel reichlichere Ausscheidungen besitzen. In der That bemerkt man bei mehreren dieser Pflanzen eine sehr lebhaft besondere Ausdünstung. (*Physiologie végétale de Senec-bier*, tome 4, p. 87.)

Die ihrer äusseren Hüllen beraubten Samen enthalten weniger Kieselsäure als der beblätterte Stengel, der dieselben trägt.

Indessen behaupte ich nicht, alles erklären zu können. In der Vertheilung der Kieselerde in den Bäumen treten Erscheinungen auf, deren Ursache ich nicht einsehe. [303] Der Stamm der Bäume, ihre Rinde, ihr ausgebildetes Holz enthalten oft keine Kieselsäure, während ihre Blätter damit beladen sind, besonders im Herbst; durch ihren periodischen Fall wird den Bäumen diese Erde entzogen. Ich prüfte fünf verschiedene Baumrinden, diejenigen der Pappel, der jungen und alten Eiche, des Maulbeerbaumes und der Hainbuche, und nur in der Rinde des Maulbeerbaumes fand ich eine erhebliche Menge Kieselsäure. Fast keine fand ich in dem ausgebildeten Holze aller dieser Bäume. Ihre Blätter enthielten eine ansehnliche Menge und vier oder fünf Mal mehr als das Holz oder die Rinde.

§ 8.

Von den Metalloxyden in der Asche.

Das Verhältniss der Oxyde des Eisens und des Mangans nimmt in der Asche zu in dem Verhältniss, wie die Entwicklung der Pflanze vorrückt. Die Blätter der Bäume liefern im Herbst an diesen Bestandtheilen reichere Asche als im Frühjahr. Ebenso verhält es sich mit den einjährigen Pflanzen. Die Samen enthalten die Metalle in weniger grossem Verhältniss als der sie tragende Stengel. Wäscht man eine Pflanze mit Wasser ab, [304] so vergrössert sich durch diese Operation das Verhältniss ihrer Metalloxyde. Die reinsten Humusarten finden sich immer sehr reichlich mit Metalloxyden versehen, und viel reichlicher als die Pflanzen, aus denen erstere hervorgehen.

§ 9.

Ueber den Einfluss der Atmosphäre auf die Asche der Gewächse.

Man kann erkennen, ob die Atmosphäre Erden und Salze in die Gewächse hineinschafft, wenn man die Samen sich mit Hülfe von destillirtem Wasser entwickeln lässt, und wenn man zusieht, ob das Gewicht der Asche dieser so entwickelten Pflanzen das Gewicht der Asche übersteigt, welches ein vorläufiger Versuch in dem Samen angab.

Einundvierzig Saubohnen (*Vicia faba*), welche zusammen 79,135 Gramm ($2\frac{1}{2}$ Unze + 51 Gran) wogen, wurden auf den erweiterten Hals von einundvierzig Medizingläschen, von denen jedes mit 594 Cubikcentimeter (30 Cubikzoll) destillirten Wassers gefüllt war, gesteckt; ich setzte sie der freien Luft und der Sonne auf einem Blumenbrett vor dem Fenster aus, wo sie vor Regen geschützt waren. Die Pflanzen erreichten eine Höhe von ein Fuss und selbst darüber; [305] ihre Stengel waren schwach und konnten sich nur durch mancherlei Befestigungen aufrecht erhalten. Sie blühten, aber die Blüthen waren klein, unvollkommen und fast unkenntlich. Ich beendete den Versuch nach zwei und einem halben Monat während oder unmittelbar nach der Blüthezeit, weil die Pflanzen zu diesem Zeitpunkt ihre mächtigste Entwicklung erlangt hatten, und weil sie anfangen, matter zu vegetiren. Die Blätter und die äussersten Enden des Stengels wurden durch ihr eigenes Gewicht zu Boden gedrückt*). Sie nahmen 17,835 Liter (900 Cubikzoll) destillirtes Wasser auf. Die Fläschchen enthielten nach dem Versuch 3,963 Liter (200 Cubikzoll) mit Conferven versehenes Wasser; die verdunstete Flüssigkeit hinterliess einen getrocknet 5,8 Decigramm (11 Gran) wiegenden Rückstand, der bei der Verbrennung $1\frac{1}{2}$ Gran Asche gab. [306] Diese schien mir aus drei Theilen Kalk, einen Theil Kieselsäure und einer unwägbaren Menge alkalischer Salze zusammengesetzt zu sein.

*) Ich hätte eine viel kräftigere Vegetation erzielen können, welche sich von der Vegetation in freiem Lande wenigstens bis zur Zeit der Fruchtbildung nicht unterschieden hätte, wenn ich diese Samen in mit Sand oder reinem Kies gefüllte Töpfe gesät hätte; aber ich weiss nicht, ob die Säfte der Wurzeln nicht selbst die Steine angreifen. Die Erosionen, welche die Flechten zuweilen auf Felsen hervorrufen, sprechen dafür. Ueberdies brachte die überraschende Menge Insekten, die ihre Abgänge und Leichname in freiem Felde auf den Blättern zurücklassen, und die Ueberreste aller Art, welche der Wind ihnen zuführt, Unsicherheit in die Versuchsergebnisse.

Gewicht der Saubohnen vor dem Versuch . .	79,135 Gramm	(2½ Unze + 51 Gran)
Ungefähres Gewicht der aus den vorstehenden Samen hervorgegan- nen grünen Pflanzen .	611	Gramm (20 Unzen)
Gewicht derselben Pflan- zen getrocknet . . .	84,337 Gramm	(2¾ Unzen + 5 Gran)
Gewicht der Asche der Samen vor ihrer Ent- wicklung	2,601 Gramm	(49 Gran)
Gewicht der Asche der aus ihnen hervorgegan- nen Pflanzen . . .	3,025 Gramm	(58 Gran)
Differenz oder Gewicht der aus der Atmo- sphäre niedergeschla- genen Asche	424 Milligramm	(9 Gran)

Die 49 Gran Asche der Samen enthielten vor dem Versuch		Die 58 Gran Asche der im destillirten Wasser ent- wickelten Saubohnen- enthielten	58 Gran
			Asche der in Blüthe ste- henden, in Humus ge- wachsenen Saubohnen- pflanzen ent- hielten
Kali	10,9	13	33,2
Phosphorsaures Kali .	21,5	19,25	0
Salzsaure und schwefel- saure Alkalien . . .	1,4	2,5	7
Phosphorsaure Erden .	13,68	17,5	8,7
Kohlensaure Erden . .	0	0	3
Kieselsäure	0	unwägb. Menge	1,2
Metalloxyde	0,25	0,25	0,25,

[307] Aus dem Vorstehenden ersieht man, dass die Pflanzen 424 Milligramm oder neun Gran Asche gewonnen haben, und dass die Zusammensetzung derjenigen Asche, welche die ganze in destillirtem Wasser erzogene Pflanze einschliesst, sehr wenig von der des Samens abweicht.

Die Atmosphäre hat, wie ich glaube, in diesen Pflanzen alle gewöhnlichen Bestandtheile der Asche, aber besonders Kalk

abgelagert; diese Erde zersetzte einen Theil des phosphorsauren Kalis und bildete phosphorsauren Kalk. Während des Vegetirens der Pflanzen verflüchtigte sich eine kleine Menge Alkali. Der Unterschied zwischen der Asche der in destillirtem Wasser entwickelten Saubohnenpflanzen und der Asche, welche von den im Humus gewachsenen Pflanzen her stammt, zeigt uns, wie gross der Einfluss des Bodens auf ihre Zusammensetzung ist.

Ich glaube nicht, dass man aus der kleinen Zunahme, welche wir bei den im destillirten Wasser gewachsenen Pflanzen beobachten, schliessen darf, dass sie selbst aus den Gasen und dem Wasser diese hinzugekommenen Bestandtheile bildeten. Wenn man bedenkt, mit welcher Schnelligkeit irgend ein der freien Luft ausgesetzter Körper sich mit Staub bedeckt durch die ungeheure Menge Körperchen, welche in unserer Atmosphäre herumfliegen; wenn man beachtet, dass die 41 Saubohnenpflanzen [308] diesen Körperchen während zweier Monate einen Halt von mehr als einem Quadratfuss Oberfläche darbieten, so müsste man weniger überrascht sein, dass diese Zunahme vorhanden ist, als wenn sie nicht vorhanden wäre; ihre Menge bietet hier nichts Uebernatürliches. Berücksichtigen wir ferner, dass das destillirte Wasser selbst niemals rein ist; es enthält fremde Bestandtheile*), deren Gewicht wir nicht schätzen können, weil sie zusammen mit dem Wasser bei der Verdunstung entweichen.

§ 10.

Näheres über die zur Veraschung angewandten Verfahren.

Die einjährigen Pflanzen wurden vollständig mit den eventuellen todtten Blättern geerntet; ich habe nur die stets mit anhaftender Erde versehenen Wurzeln abgeschnitten.

[309] Die unteren Theile des Stengels wurden sorgfältig von angespritzter Erde befreit. Wenn ich die einjährigen Pflanzen mit ihren reifen Samen einsammelte, so geschah das genau

*) *Karsten* und *Westrumb* bemerkten, dass das mit der grössten Sorgfalt destillirte Wasser, welches frisch* bereitet durch Reagentien nicht verändert wird, Veränderungen erleidet, wenn es vierzehn Tage dem Lichte oder vier Wochen der Dunkelheit ausgesetzt wird, welche alle Anzeichen von Gährungsproducten an sich tragen; alsdann trübt es ein wenig die Lösungen von Blei und Silber; es giebt schwache Reactionen auf Ammoniak und zu anderen Zeiten auf Säure. (Kleine physikalisch-chemische Abhandlungen von *Westrumb*. Zweites Heft.)

zur Zeit der Reife und nicht nach dem Tode der Pflanze. Die Baumblätter, selbst die herbstlichen, sind immer grün und in vollständig gesundem Zustand gewählt worden. Indessen wurde in dieser Jahreszeit Sorge getragen, dass nicht diejenigen der letzten, sondern der ältesten Triebe genommen wurden.

Alle diese Gewächse wurden nach ihrer Einsammlung vor Regen geschützt aufbewahrt. Als sie trocken erschienen, wurden sie für einige Wochen in einen auf 20° R. erwärmten Trockenschrank gelegt; ihre grünen oder weichen Theile wurden hier grösstentheils brüchig und zerreiblich; in diesem getrockneten Zustande wurden die Pflanzen alsdann gewogen. Trotz dieser Vorsicht können die Pflanzen nicht auf ein und denselben Grad der Trockenheit gebracht werden; derjenige, dessen sie bei der nämlichen Temperatur fähig sind, wechselt nicht nur nach der Art, sondern auch bei derselben Pflanze nach dem Entwicklungsstadium. Im Allgemeinen schien es mir, als wenn die grünen, in der Jugend gepflückten Pflanzen [310] vollkommenerer Trockenheit fähig sind als diejenigen, welche in vorgerückterem Alter geerntet werden. Diese letzteren bewahren bei der weiter oben angegebenen Temperatur eine halbe Geschmeidigkeit, die ein gewisses Anzeichen von dem Vorhandensein von Wasser in Substanzen ist, welche, wie z. B. diejenigen, mit denen ich mich beschäftige, erst bei viel höherer Temperatur steif und zerbrechlich werden. Die Unmöglichkeit, diese Menge flüssigen und der eigentlichen Zusammensetzung der Pflanze fremden Wassers zu schätzen, muss immer eine gewisse Unsicherheit in die Ergebnisse der Pflanzenanalyse bringen.

Die nach diesem Verfahren getrockneten Pflanzen wurden auf einem grossen Eisenblech verbrannt; der bei der Operation bleibende Rückstand wurde von neuem in einem bis zur dunklen Rothgluth erwärmten Tiegel eingeäschert, bis die Kohletheilchen nicht mehr verbrennungsfähig waren. Es giebt vegetabilische Substanzen, die es mir nicht gelungen ist vollständig zu veraschen oder in graue oder weisse Asche zu verwandeln, z. B. Weizenstroh und Weizenkörner; Zucker, Amylum, Gummi, Maispflanzen und Maiskörner, ebenso Saubohnen-, Gerste- und Hafersamen hingegen konnten leicht in weisse Asche übergeführt werden.

[311] Je mehr Zeit man für die Operation anwendet, je gemässiger die Wärme des Ofens ist, um so vollkommener ist auch die Veraschung. Man muss sich hüten, besonders bei der immer sehr schwierigen Verbrennung der Samen, die Asche oft umzu-

rühren. Dadurch zerstampft man die Salze, und die Kohle verdichtet diese, während sie ein wenig flüssig ist, und verhindert so ihre Verbrennung, ja macht sie zuweilen unmöglich. Meine Einäscherungsergebnisse sind im Allgemeinen geringer als diejenigen der mir vorausgegangenen Forscher. Aber die meisten unter ihnen haben, da sie nur die Darstellung der Salze im Grossen im Auge hatten, die Veraschung des Rückstandes aus der ersten Verbrennung an freier Luft nicht im Tiegel vollendet.

Die Gewächse liefern nach *Pertuis* mehr Asche, wenn sie grün, als wenn sie getrocknet verbrannt werden. Aber wahrscheinlich theilt er dies Ergebniss nur darum mit, damit man die Pflanzen nach der Ernte nicht der Wirkung des Wassers aussetze; denn mir haben sie, grün oder getrocknet, die nämliche Menge Asche geliefert.

Alle Producte meiner Veraschungen sind heiss, wie sie aus dem Tiegel kamen, gewogen und ebenso analysirt worden.

[312]

§ 11.

Genaueres über das zur Analyse der Asche angewandte Verfahren.

Das mir gesteckte Ziel besteht darin, die Regel in der Zusammensetzung der Asche nicht nur bei verschiedenen Pflanzen, sondern auch in ihren verschiedenen Theilen und nach den Lebensabschnitten kennen zu lernen. Mein Leben würde zu einer solchen Arbeit nicht ausreichen, wenn ich mich an sehr eingehende Analysen binden wollte. Die von mir befolgten Verfahrensarten schienen mir für die allgemeinen Untersuchungen, die ich im Auge hatte, genau genug; sie bestehen in folgenden Operationen.

A. Die bei Glühhitze getrocknete und, wenn sie zusammenbackte, gepulverte Asche wurde mit dem Zwanzigtausendfachen ihres Gewichtes destillirten Wassers aufgeköcht. Die abfiltrirte Lauge wurde bis zur Trockenheit bei Glühhitze eingedampft. Das Gewicht des Rückstandes gab mir das der in Wasser löslichen, in der Asche enthalten gewesenen Salze an; dies Ergebniss wurde in die erste Reihe der Tabelle eingetragen, wenn eine neue Lösung dieses Rückstandes in wenig Wasser nichts Unlösliches zurückliess; [313] im entgegengesetzten Falle wurde sie filtrirt und von Neuem eingedampft, bis die Salze eine vollständige Lösung bilden konnten. Der durch die Verdampfung unlöslich gewordene Theil ist kohlensaurer Kalk in den Aschen,

welche wie die der Rinden viel von dieser Erde enthalten. Er besteht aus mit Kalk oder Magnesia verbundenem phosphorsaurem Kali in der Asche der Gramineen und derjenigen Samen, welche keinen freien oder kohlensauren Kalk, zum Ersatz dafür aber viel phosphorsaure Erden und phosphorsaures Kali enthalten. Die Kieselsäure findet sich stets nur in unbedeutenden Mengen vor, wenigstens wenn, wie ich das stets zu thun versuchte, der niedrigste mögliche Grad des Feuers, um die Veraschung zu bewirken, in Anwendung kam. Meine Ausbeute an alkalischen Salzen aus den nämlichen Pflanzen ist im Allgemeinen weit grösser als die meiner Vorläufer. Ich kann diesen Unterschied nur der grösseren Vervollkommenung meiner Veraschungen und der Sorgfalt zuschreiben, welche ich bei der Ernte meiner Pflanzen auf das Trocknen verwandte. Das Wasser entzieht der Asche bei Weitem nicht alle alkalischen Salze; doch ist die Menge, welche man daraus gewinnen kann, immer nahezu derjenigen proportional, welche sie enthält, wenn kein phosphorsaures Kali vorhanden ist. [314] Wenn dies Salz in der Asche zugegen war, stellte ich fast immer eine genauere Analyse an, wovon ich weiterhin sprechen werde.

B. Die gewaschene und in Wasser unlösliche Asche wird in einer Porzellankapsel mit dem Sieben- oder Achtfachen ihres Gewichtes gereinigter Salpetersäure gekocht. Der Rückstand wurde bei Glühhitze mit dem Sechsfachen seines Gewichtes verwitterter Soda in einem Platintiegel behandelt. Das entstandene Glas wurde in Wasser gelöst und darauf mit Säure gemischt. Die Lösung wurde zur Trockne eingedampft; der Rückstand wurde mit der Säure digerirt und filtrirt. Die bei dieser Behandlung ungelöst bleibende Masse wurde nach dem Trocknen bei Glühhitze unter der Bezeichnung Kieselsäure eingetragen.

C. Die salpetersaure Lösung der Asche wurde durch blausaures Kali gefällt und filtrirt; hierauf wurde sie durch Eindampfen eingeeengt und mit wenig Wasser oder Säure verdünnt. Zum zweiten Male wurde sie mit blausaurem Kali gefällt. Die Trennung der Niederschläge geschah durch ein doppeltes Filter, und der Unterschied zwischen dem Product der Veraschung jedes einzelnen Filters zeigte die Menge Metalloxyde an, welche die Asche nach Abzug des Gewichtes der in das blausaure Kali eingegangenen Metalloxyde enthielt.

[315] D. Die von den Metalloxyden befreite und durch Eindampfen eingeeengte salpetersaure Lösung wurde mit Ammoniak gefällt. Der bei Glühhitze getrocknete Niederschlag gab nahezu,

wenn man die Thonerde abzieht, das Gewicht der phosphorsäuren Erden. Unter diesen Namen ist phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia zu verstehen.

E. Diese Phosphate löste ich in der Salpetersäure, sie wurden durch Kali im Ueberschuss gefällt, und das Gemisch wurde gekocht; die filtrirte Flüssigkeit wurde mit einer Säure gesättigt und mit Ammoniak gefällt, wodurch Thonerde zum Vorschein kam; diese Erde wurde durch eine neue Lösung und Fällung gereinigt. Nachdem sie bei Glühhitze getrocknet und pulverisirt worden war, wurde sie mit Essig digerirt, um ihr die Erden, welche mit ihr vereinigt sind, zu entziehen. Aber ihre Menge ist ausserordentlich klein und häufig gleich Null; in mehr als vierzig Aschen, die ich daraufhin untersuchte, fand ich, dass sie ein Hundertstel vom Gewichte der Asche nicht überstieg. Ich hatte geglaubt, in den Analysen, die ich vor einigen Jahren im *Journal de physique* über die Veraschung einiger auf verschiedenen Böden gewachsenen Pflanzen mittheilte, eine grosse Menge zu erkennen. [316] Aber ich habe seitdem eingesehen, dass mein Irrthum der Unreinheit der Asche und der Löslichkeit der phosphorsäuren Erden im Kali entsprang. Eben solche Pflanzen wurden von Neuem verbrannt und mit grösserer Sorgfalt analysirt.

F. Die salpetersaure Lösung D, befreit von den Metalloxyden und den phosphorsäuren Erden, wurde durch krystallisirtes kohlen saures Natron gefällt; das Gemisch wurde lange gekocht und nach dem Erkalten filtrirt. Durch dies Verfahren werden die kohlen sauren Erden getrennt, d. h. der kohlen saure Kalk und die kohlen saure Magnesia; ich führe diese letztere Erde nur an, um sie nicht fortzulassen; denn es schien mir, als ob die reine oder kohlen saure Magnesia stets nur in unbedeutender Menge in die Asche eintritt. Es verhält sich nicht ebenso mit der phosphorsäuren Magnesia, deren Entdeckung in der Asche von *Fourcroy* und *Vauquelin* herrührt.

G. Die in der Tabelle unter der Bezeichnung »Verlust« eingetragene Columnne giebt den Unterschied an, welcher sich zwischen der Summe der getrennten Bestandtheile und der zum Versuch benutzten Menge findet. Dieser Unterschied ist ausserordentlich und muss auf den ersten Blick ein ungünstiges Licht auf die Ergebnisse werfen; aber ich habe mich überzeugt, dass dieser Verlust nicht auf alle Ergebnisse der Analyse vertheilt werden darf; [317] er erstreckt sich nur auf die in Wasser löslichen alkalischen Salze, die während der Veraschung mit den Erden und den phos-

phosphorsäuren Erden eine Verbindung bildeten, welche eine Abkochung mit Wasser nicht vollständig zerstören konnte. Man muss also den in die Tabelle eingetragenen Salzen diesen Verlust zurechnen, indem man vier oder fünf Hundertstel für den bei diesen Manipulationen unvermeidlichen Verlust abrechnet, wenn man nahezu die absolute Summe der in der Asche enthaltenen Alkalien wissen will. Ich habe stets diese verlorenen Salze gefunden, wenn ich, nachdem ich die mit Wasser gewaschene Asche mit Salpetersäure behandelt und die saure Lösung durch Ammoniak und kohlensaures Ammoniak gefällt hatte, die filtrirte Flüssigkeit einer Verdampfung im Platintiegel bei grösstmöglicher Wärme unterwarf. Diese Verdampfung erfordert von dem Augenblick an, wo die Salze zu gerinnen beginnen, ein stufenweise gesteigertes Feuer und ungefähr sieben oder acht Stunden, damit nichts durch Aufwallen und Aufspritzen verloren geht. Ist das Feuer nicht heftig genug gewesen, so schliessen die Salze ein wenig Salpetersäure ein, aber man kann sie sicher von derselben befreien, wenn man, während die Salze schmelzen, etwas Kohlenstaub hinzufügt.

[318] Die erwähnten Verfahren befolgte ich bei den als die genaueren bezeichneten Analysen, aber ich habe nicht immer die Asche mit kochendem Wasser behandelt, sondern sie mit ihren Salzen in Salpetersäure gelöst; dies letztere Verfahren ist kürzer und viel genauer; denn wenn die Lauge kalihaltigen phosphorsäuren Kalk enthalten, ist die Filtration oder selbst nur ein genaues Decantiren fast unmöglich wegen der Zähigkeit*) der Flüssigkeit. Sie hält eine grosse Menge Kalk oder vielmehr phosphorsäuren Kalk in Lösung, dessen Menge man nur bestimmen kann, wenn man die Salze in einer Säure löst und sie dann durch Ammoniak fällt. Ich werde hier die Methoden angeben, welche ich bei der Analyse der mit einer beträchtlichen Menge phosphorsäuren Kalis versehenen Salze, die von phosphorsäuren Erden frei sind, befolgte. Es ist überflüssig, ersteres

*) Die Zähigkeit der Lauge aus der Asche und ihre Gallertbildung beim Abdampfen ist ein fast sicheres Anzeichen für die Gegenwart von kalihaltigem phosphorsäurem Kalk oder kalihaltiger phosphorsaurer Magnesia; indessen kann dies Salz auch ohne dies Anzeichen vorhanden sein, wenn ein grosser Ueberschuss an Kali zugegen ist. Das phosphorsaure Kali ist an sich nicht zäh oder gelatinös, welches auch immer das Verhältniss seiner Bestandtheile sein mag; es besitzt diese Eigenschaft nur, wenn es Kalk oder Magnesia ohne Ueberschuss an Kali enthält.

in der Asche, welche mehr als ein oder zwei Hundertstel reinen oder kohlensauren Kalk enthält, zu suchen.

[319] Das phosphorsaure Kali ist wohl in der Asche enthalten, welche diese Erde im grösseren Verhältniss enthält; es kommt jedoch in ihr in so geringer Menge vor, dass es vernachlässigt werden kann.

a. Ich mische die Salze mit Essig und dampfe bis fast zur Trockne ein. Der Rückstand wird mit Alkohol gemischt, welcher, indem er das Acetat löst, die grösste Menge des in der Asche enthaltenen überschüssigen Kalis aufnimmt; dies Product wird aufgehoben^{*)}).

b. Die in Alkohol unlöslichen Salze wie das phosphorsaure Kali, die salzsauren und schwefelsauren Salze und ein wenig freies Kali werden in Wasser gelöst und mit essigsaurem Kalk im Ueberschuss gemischt; dieser letztere zersetzt das phosphorsaure Kali; das Gemisch wird stark gekocht und fast bis zur Trockne eingedampft. Diesen Teig verdünnt man mit viel Wasser, man trennt ihn durch das Filter und trocknet ihn bei starker Hitze^{**)}. [320] Der Teig wird mit Essig (*c*) gemischt, bis diese Säure ihm nichts mehr entzieht. Der bei dieser Operation verbleibende unlösliche Rückstand ist reiner phosphorsaurer Kalk, der von der Zersetzung des phosphorsauren Kalis herrührt; der im Verhältniss von 100 : 129 vermehrte reine phosphorsaure Kalk giebt das Gewicht der phosphorsauren Alkalien (*d*), welche in der Asche ohne überschüssiges Kali enthalten sind.

Alle essigsauren Lösungen (*a* und *c*), das Waschwasser inbegriffen, wurden zusammen bei Glühhitze eingedampft und filtrirt, dann wurden sie von Neuem bei Glühhitze eingedampft. Dieser Rückstand (*e*) wird gewogen; er enthält alles in der Asche vorkommende Kali mit Einschluss dessen, das in die Zusammensetzung des phosphorsauren Kalis eingeht, und ferner die salzsauren und schwefelsauren Alkalien. Man löst alle diese Salze lieber in Salpetersäure als in Wasser auf, weil das Kali ein wenig Kohlensäure enthält, deren Menge man aus

^{*)} Vielleicht würde es genauer sein, diese erste Operation (*a*), welche durch Essig und Alkohol nur einen Theil des überschüssigen Kalis entfernt, und welche ein wenig phosphorsaures Kali entzieht, zu unterlassen. Ich wandte dies Verfahren nur an, weil es die übrige Analyse weniger beschwerlich gestaltet, und weil es viel Essigsäure und essigsauren Kalk spart.

^{**)} Der Essig löst ein wenig phosphorsaurer Kalk, wenn er nach der Fällung nicht getrocknet worden ist.

dem Gewichtsverlust des Gemenges bestimmt. Diese salpetersaure Lösung wird nach einander mit salpetersaurem Baryt und salpetersaurem Silber gefällt; das Gewicht jedes einzelnen dieser Niederschläge giebt auf Grund bekannter Berechnungen salzsaure und schwefelsaure Alkalien; [321] man zieht die Summe dieser letzteren von dem Gewogenen (*c*) ab oder von derjenigen Summe, welche Kali, die salzsauren und schwefelsauren Salze enthält. Die Differenz giebt das Gewicht von allem in dem phosphorsauren Kali enthaltenen Kali und von demjenigen, das im Ueberschuss vorhanden war. Nun kennt man das Gewicht des Kalis, das in die Verbindung des schon unter *d* angegebenen phosphorsauren Kalis eingeht. Hundert Theile des Salzes enthalten 65 Theile Kali. Demnach theilt man diesem Salze das Kali zu, welches ihm zukommt; das übrige ist das im Ueberschuss in der Asche vorhandene Kali.

Bemerkung

über die Verbindung des phosphorsauren Kalis mit dem Kalk.

Ich stellte phosphorsaures Kali dar, indem ich nach und nach auf feuchtem Wege Phosphorsäure mit Kali vereinigte, bis dies Gemenge neutralisirt war und die als Reagens angewandten Pflanzenfarben nicht mehr veränderte. Diese Verbindung trocknete ich bei Glühhitze und wog; [322] sie wurde in Wasser gelöst und durch salzsauren Kalk zersetzt. Das Gemisch wurde bis zur Trockne eingedampft und, nachdem es in Wasser gelöst worden war, filtrirt. Nach den von *Klaproth* erkannten Principien habe ich für den phosphorsauren Kalk abgeleitet, dass 100 Theile getrocknetes phosphorsaures Kali bei dem weiter oben angegebenen Sättigungsgrade enthalten

Kali	65
Phosphorsäure	35.

Um ein so zusammengesetztes phosphorsaures Kali handelt es sich bei den Aschenanalysen; 129 Theile dieses Salzes vermögen nur 100 Theile phosphorsauren Kalk zu bilden.

Die wässerigen Lösungen des phosphorsauren Kalis sind nicht, wie man behauptet hat, zäh und gelatinös, sie gehen vielmehr leicht, selbst concentrirt, durch die engsten Filter hindurch.

Wenn man dieser Lösung das Zwanzig- oder Dreissigfache ihres Volumens an Kalkwasser zumischt, so bewahrt das Gemisch,

welches löslichen kalihaltigen phosphorsauren Kalk bildet, seine Durchsichtigkeit; es erleidet scheinbar keine andere Veränderung als diejenige, zäh zu werden und nur mit äusserster Langsamkeit durch die gewöhnlichen Filter hindurchzugehen. [323] Wenn man eine weitere Menge Kalkwasser hinzufügt, beginnt ein Niederschlag sich zu bilden. Dies ist kein phosphorsaurer Kalk, es ist durch einen Ueberschuss an Erde in Wasser unlöslich gewordener kalihaltiger phosphorsaurer Kalk: wenn man denselben in Salpetersäure löst, entzieht man ihm nur den vierten Theil oder die Hälfte seines Gewichtes an phosphorsaurem Kalk. Nahezu dieselben Erscheinungen haben mit der Magnesia statt. Allein die Verbindungen dieser letzteren schienen mir weniger zäh zu sein.

Man kann die nämlichen Ergebnisse aber weniger scharf ausgeprägt erzielen, wenn man an Stelle des Kalkwassers eine Lösung von essigsäurem Kalk anwendet. Ist die Lösung verdünnt, so zersetzen die ersten Tropfen das phosphorsaure Kali nicht, oder der gebildete Niederschlag löst sich beim Umrühren der Flüssigkeit wieder auf. Diese Beobachtung beweist, dass der von *Vauquelin* in so reichlichem Maasse in den Pflanzensäften aufgefundene essigsäure Kalk dort neben dem phosphorsauren Kali vorkommen kann. Dies Salz wird von irgend einem Kalksalz nur zersetzt, wenn das Gemisch bis zur Trockne eingedampft wird; das Nämliche gilt von der Magnesia.

Die wässrige Lösung des kalihaltigen phosphorsauren Kalks wird weder von Kali, Natron, Ammoniak, noch durch Phosphorsäure getrübt, [324] wird aber theilweise durch alle kohlen sauren Alkalien zersetzt, indem dieselben aus ihr kohlen sauren Kalk niederschlagen; ebenso wirkt Oxalsäure; schliesslich wird sie theilweise beim einfachen Trocknen bei Glühhitze zersetzt. In diesem Rückstand findet man phosphorsauren Kalk, der durch einen Ueberschuss an Erde unlöslich geworden ist, und in Wasser löslichen kalihaltigen phosphorsauren Kalk, der jedoch weniger Kalk als bei der ersten Lösung enthält. Diese Erscheinung greift mehr oder weniger bei allen Aschenlaugen Platz, welche man bis zur Trockne eindampft und in Wasser löst.

Die Wirkung des Kalis auf den phosphorsauren Kalk. *Fourcroy* und *Vauquelin* haben sehr wohl gesehen (*Annales de Chimie*, Jahrg. XI), dass, wenn man flüssiges Kali mit phosphorsaurem Kalk kocht, sich eine sehr kleine Menge Kalk abscheidet. Aber diese der alten Ordnung der chemischen Verwandtschaften entgegengesetzte Zersetzung, wovon *Berthollet*

für andere analoge Verbindungen so zahlreiche Beispiele angegeben hat, ist nicht das einzige wahrnehmbare Ergebniss dieses Versuches. Ich beobachtete, dass eine sehr grosse Menge phosphorsauren Kalks vollständig im Kali gelöst wird, und dass sich dann phosphorsaurer Kali-Kalk [potasse phosphatée de chaux] bildet. [325] Ich liess 300 Theile Kali (gelöst in ungefähr dem doppelten Gewicht Wasser) mit teigigem und durch Ammoniak frisch gefälltem phosphorsaurem Kalk eine Stunde lang kochen. Das bei Glühhitze getrocknete Phosphat wog vor dem Versuch 25 Theile. Die Abkochung wurde filtrirt. Der durch das Kali nicht gelöste Rückstand wog nicht mehr als 9 Theile; er wurde in Salpetersäure gelöst und mit Ammoniak gefällt. Der bei Glühhitze getrocknete Niederschlag wog nur 6 Theile. Die filtrirte Lösung wurde mit kohlensaurem Natron oder Ammoniak gemischt; dies Salz schied einen halben Theil kohlensauren Kalk daraus ab. Das Kali löste also in diesem Versuch drei Viertel des phosphorsauren Kalks und zersetzte wirklich nur den fünfzigsten Theil davon.

Ich erhielt fast genau dieselben Ergebnisse, als ich bei Schmelztemperatur in einem Platintiegel getrockneten phosphorsauren Kalk mit getrocknetem Kali behandelte. Das Phosphat wog 20 und das Kali 80 Theile. Das undurchsichtige Glas, welches aus diesem Gemisch hervorgeht, wurde in Wasser gelöst und filtrirt; der in dieser Flüssigkeit unlösliche Rückstand wog 12 Theile. Sie wurden in Salpetersäure gelöst und mit Ammoniak gefällt; dies schied nur $6\frac{1}{2}$ Theile phosphorsauren Kalk daraus ab.

[326] Die filtrirte Lösung wurde mit kohlensaurem Natron gefällt, das aus ihr $2\frac{1}{2}$ Theile kohlensauren Kalk abschied.

Die nach den soeben besprochenen Verfahren erhaltenen Verbindungen des überschüssigen Kalis mit phosphorsaurem Kalk unterscheiden sich durch einige Eigenschaften von der Verbindung, welche man aus der Mischung von Kalkwasser und phosphorsaurem Kali erhält.

Folgende Eigenschaften beweisen, dass das überschüssige Kali nicht unwirksam ist, und dass es mit einer sehr mächtigen Affinität auf den Kalk einwirkt. Ich sagte, dass die wässrige Lösung des kalihaltigen phosphorsauren Kalks durch Oxalate zersetzt wird. Aber der phosphorsaure Kali-Kalk [potasse phosphatée de chaux] trübt sich nicht durch diese Reagentien; diese zeigen den Kalk nur an, wenn man das scheinbar überschüssige Kali sehr genau durch eine Säure sättigt. Es fehlt

viel, dass die Oxalsäure selbst unter diesen Umständen allen Kalk fällt; wahrscheinlich bildet sich hier eine vierfache Verbindung.

Der flüssige kalihaltige phosphorsaure Kalk oder das Gemisch von Kalkwasser und phosphorsaurem Kali wird zum Theil beim Trocknen zersetzt; aber der flüssige phosphorsaure Kali-Kalk [potasse phosphatée de chaux] wird durch diese Operation nicht merklich verändert. [327] Der kalihaltige phosphorsaure Kalk bildet mit Wasser eine zähe oder gelatinöse, schwer filtrirbare Lösung. Der phosphorsaure Kali-Kalk geht sehr leicht durch das Filter und bildet beim Einengen keine Gallerte.

Ende.