

Einundvierzigster Brief.

Die Ackerkrume enthält eine gewisse Menge Stickstoff in der Form von Ammoniak und von Stickstoffverbindungen, welche von Pflanzen und Thieren stammen.

Die Beobachtungen von Thompson und Huxtable und insbesondere die werthvollen Arbeiten von Th. Way haben die Thatsache festgestellt, dass das im Regen und Dünger zugeführte kohlen saure Ammoniak oder das Ammoniak in Ammoniaksalzen von der Ackerkrume aufgesaugt und festgebunden wird, so dass freies Ammoniak darin nicht vorhanden sein kann, und da weder reines, noch mit Kohlensäure gesättigtes Wasser das gebundene Ammoniak der Erde entziehen, so ist es selbstverständlich, dass es in der Ernährung der Gewächse von den Wurzeln derselben unmittelbar der Ackerkrume entzogen wird.

Wenn man sich nun denkt, dass die Gewächse allen Stickstoff, den sie für ihre Entwicklung brauchen, nicht aus der Luft, sondern durch den Boden empfangen, so ist es einleuchtend, dass jeder Theil des Bodens die für ihre Lebenszwecke erforderliche Menge Ammoniak oder Stickstoff enthalten müsste; enthielten diese Theile weniger davon, als die Wurzeln aufzunehmen vermögen und die Pflanze sich aneignen kann, so würde sie nicht das Maximum ihrer Entwicklung erreichen; sie würde, auch wenn die anderen Bedingungen zur Körnerbildung vorhanden sind, weniger oder dem Gewicht nach leichtere Körner bilden.

Die Ertragsfähigkeit eines Feldes, in so weit sie von dem Stickstoff bedingt ist, würde im Verhältniss stehen zu der Summe des im Boden vorhandenen Stickstoffs und zu dem Theile dieser Summe, der in jedem Theile des Querschnitts des Bodens abwärts vorhanden ist. An dem Orte, wo die Wurzelfasern keinen Stickstoff vorfinden, würden sie auch keinen aufnehmen können.

Von zwei Feldern, deren Ackerkrume von der Oberfläche abwärts die gleiche Menge Stickstoff enthält, werden, die andern Bedingungen des Wachstums als gegeben betrachtet, zwei Pflanzen eine ungleiche Menge Stickstoff empfangen, wenn ihre aufsaugende Wurzeloberfläche ungleich ist. Die eine Pflanze mit doppelter Wurzeloberfläche wird doppelt so viel Stickstoff aufnehmen, als eine andere mit einfacher Wurzeloberfläche. Dieses Verhältniss findet statt für alle im Boden vorhandenen Nahrungsstoffe.

Auf einem Felde, welches nur halb so viel Nahrungsstoffe enthält als ein zweites, wird eine Pflanze mit doppelter Wurzeloberfläche eben so viel Nahrung empfangen, als auf diesem zweiten eine Pflanze mit einfacher Wurzeloberfläche aufnimmt.

Diese Sätze sind selbstverständlich und es erklärt sich hieraus in vielen Fällen eine der Hauptwirkungen des Düngers auf unseren Feldern, in so fern eine Anhäufung der Nahrung in der oberen Kruste des Feldes die Pflanzen befähigt,

während der ersten Zeit ihrer Entwicklung die zehnfache, vielleicht hundertfache Anzahl von aufsaugenden Wurzelfasern zu treiben, die sie sonst getrieben haben würden, und ihr späteres Wachstum wird im Verhältniss stehen zu der gewonnenen grösseren Wurzeloberfläche, durch die sie jetzt die sparsam in den tieferen Schichten des Feldes vorhandenen Nahrungsstoffe aufzusuchen und sich anzueignen vermögen.

Ueber die Anzahl der Wurzelfasern der Culturgewächse und ihre aufsaugende Oberfläche entbehren wir bis jetzt aller Untersuchungen, und es ist deshalb nicht möglich mit einiger Bestimmtheit festzusetzen, wie viel Ammoniak in jedem Theile des Querschnitts des Bodens enthalten sein müsste, um den verschiedenen Pflanzen ihren vollen Bedarf an Stickstoff abgeben zu können.

Wenn wir nun auf die Betrachtungen im nächsten Briefe gestützt annehmen, dass ein Feld auf jedem Quadratmillimeter seines Querschnittes, $\frac{1}{2}$ Milligramm Ammoniak enthalten müsse, um an die Wurzeln einer Weizenpflanze allen Stickstoff abgeben zu können, den diese für ihr volles Wachstum im Ganzen bedarf, so müsste ein Hectar Feld abwärts, soweit die Hauptwurzeln reichen, 10,000 Pfund Ammoniak oder 0,12 bis 0,13 Procent Ammoniak enthalten.

Vergleicht man damit den Ammoniak- oder Stickstoffgehalt der Ackererden aus verschiedenen Ländern, so weit derselbe durch zahlreiche Analysen festgestellt worden ist, so ergibt sich, dass bei weitem die Mehrzahl unserer Culturfelder schon auf 10 Zoll Tiefe nicht allein diese Quantität, sondern weit mehr davon enthält.

Und da unzweifelhaft die Culturpflanzen durch die Blätter im Regen und Thau so wie aus der Luft eben so viel stickstoffhaltige Nahrung in der Form von Ammoniak und Salpetersäure zugeführt erhalten und aufnehmen, als wie die wildwachsenden Pflanzen, welche durch die Hand des Menschen keinen stickstoffhaltigen Dünger empfangen, so sieht man ein, dass der Landwirth nur selten in die Lage kommen kann, den Grund des geringen Gedeihens seiner Früchte in einem Mangel an Ammoniak oder stickstoffhaltiger Nahrung allein zu suchen, und dass er zunächst, um seine Erträge zu verbessern, gewisse andere Bedingungen in's Auge fassen muss.

Die Bekanntschaft mit der in einem Boden enthaltenen Ammoniak oder Stickstoffmenge reicht demnach nicht aus, um die Fruchtbarkeit oder Ertragsfähigkeit eines Feldes zu beurtheilen, und wenn auch durch Zufuhr von Ammoniak manche Felder eine bessere Ernte liefern, so wird auf der grössten Mehrzahl anderer auch die stärkste Zufuhr von diesem Nahrungsstoffe ohne Wirkung bleiben, weil der Stickstoff wohl dabei sein muss und Antheil nimmt an der Erzeugung der Pflanzenmasse, aber für sich keine Wirkung hat, wenn die Bedingungen mangeln, die ihn wirksam machen.

Die im Jahr 1843 von Schattenmann im Elsass angestellten Versuche sind in dieser Beziehung sehr lehrreich: seine mit Ammoniaksalzen gedüngten

Weizenfelder gaben einen geringeren Ertrag an Korn als ein Stück von demselben Feld, welches mit diesen Salzen nicht gedüngt worden war; und in gleicher Weise zeigen die Versuche des General-Comité's des landwirthschaftlichen Vereins in Bayern im Jahre 1857 (siehe S. 410), dass bei der Düngung eines Feldes mit kohlensaurem Ammoniak die Erträge an Gerstenkorn und Stroh eher ab- als zunahmen, und dass das schwefelsaure, phosphorsaure und salpetersaure Ammoniak den Ertrag nur um wenige Procente erhöhte; auf demselben Felde gab eine Quantität Guano, worin die nämliche Ammoniakmenge sich befand, einen dreimal höheren Ertrag an Korn und den doppelten Ertrag an Stroh als das ungedüngte Stück.

Es ist einleuchtend, dass die nächste Ursache der so gesteigerten Wirkung des Guano in dem eben erwähnten Felde in den Materien gesucht werden muss, welche das Ammoniak in dem Guano begleiteten, denn wie bemerkt, die nämliche Menge Ammoniak, welche der Guano enthielt, brachte auf demselben Felde, in demselben Jahre und auf dieselbe Fruchtgattung angewendet, keine oder kaum bemerkenswerthe Wirkung hervor.

Es ist klar, dass ein Feld, welches die das Ammoniak im Guano begleitenden Stoffe in reichlicher Menge bereits enthält oder dem man sie vorher gegeben hat, durch darauf folgende Düngung mit Ammoniaksalzen gleich hohe Erträge wie der Guano selbst geliefert hätte und höhere als es ohne die Mitwirkung des Ammoniaks geliefert haben würde; allein es wäre ein falscher Schluss in einem solchen Fall den höheren Ertrag der Wirkung des Ammoniaks allein zuzuschreiben, weil in den Jahren der höheren Erträge nur Ammoniaksalze allein mit Ausschluss aller anderen Düngmittel gegeben worden waren.

Die von J. B. Lawes in den Jahren 1844 bis 1855 angestellten Versuche geben thatsächliche Beweise für diese Ansicht ab; er düngte ein Weizenfeld mit saurem phosphorsaurem Kalk (560 Pfund pr. Acre) und mit kieselsaurem Kali (220 Pfund) und in den darauf folgenden 11 Jahren lediglich mit Ammoniaksalzen (schwefelsaurem Ammoniak und Salmiak) und er erntete auf demselben durchschnittlich die Hälfte mehr Korn und Stroh als ein grosses, aber ungedüngtes Stück, welches in denselben Jahren mit Weizen bestellt worden war, hervorgebracht hatte.

Damit in vollkommener Uebereinstimmung sind die Resultate, welche Kuhlmann in den Jahren 1844 bis 1846 durch Düngung seiner Wiesen mit Ammoniaksalzen erhielt.

Auf einer Wiese, die mit Salmiak gedüngt worden war, erhielt er einen Mehrertrag, der auf 100 Theile Salmiak berechnet 645 Theile Heu betrug, und in demselben Jahr auf einem zweiten Stück, welches ebenfalls Salmiak, aber mit einem Zusatz von phosphorsaurem Kalk empfangen hatte, erntete er auf 100 Theile des angewendeten Salmiaks 1666 Theile Heu, mithin $2\frac{1}{2}$ mal mehr als ohne phosphorsauren Kalk.

Die Bedeutung der Beigabe von den fixen Nahrungsstoffen in Beziehung auf die Höhe der Erträge und Dauer der Fruchtbarkeit der Felder dürfte auch dem Befangensten aus einer andern Reihe von Versuchen von Lawes erkennbar werden.

Gleichzeitig mit den bereits erwähnten hatte Lawes ein drittes Feld in zwölf Jahren dreimal mit fixen Bodenbestandtheilen und neunmal mit Ammoniaksalzen gedüngt, im Jahre 1846 blieb es ungedüngt. Dieses Stück hatte also zwei Ammoniakdüngungen weniger und zwei Mineraldüngungen mehr als das zweite Feld empfangen.

Die Erträge der drei Felder waren pro Acre folgende.

	Korn und Stroh.	
I. Das ungedüngte Stück Feld lieferte.....	34,272	Pfund.
II. 1 Jahr Mineraldünger, 11 Jahr Ammoniaksalze.....	54,408	-
III. 3 Düngungen mit fixen Mineralsubstanzen	} 55,704	-
9 - - Ammoniaksalzen		

Obwohl das dritte Stück über 700 Pfund Ammoniaksalze per Acre weniger empfangen hatte als das zweite, so hatten dessen Erträge darum nicht ab-, sondern um eine halbe Ernte zugenommen, und es zeigen diese Thatsachen auf eine unzweifelhafte Weise, dass selbst auf einem Boden, welcher so reich an fixen Nahrungsstoffen für die Weizenpflanze gewesen ist, dass er 12 Jahre nach einander ohne alle Düngung jedes Jahr eine mittlere Ernte von 2856 Pfund Korn und Stroh zu liefern vermochte, die stärkste Düngung mit Ammoniaksalzen bei einem unvollkommenen Ersatz der in den Ernten hinweggenommenen Bodenbestandtheile, einen geringeren Ertrag an Korn und Stroh lieferte als bei einem vollkommeneren; sie zeigen ferner, dass die Ammoniaksalze als Düngmittel in eben dem Verhältnisse entbehrlich gemacht wurden als die Zufuhr an fixen Pflanzennahrungsstoffen zunahm: denn auf dem dritten Felde gab die kleinere Ammoniakmenge nicht einen entsprechend niedrigeren, sondern im Ganzen einen höheren Ertrag als die grössere auf dem zweiten, welches nur im ersten Jahr mit fixen Bodenbestandtheilen gedüngt worden war.

Die Wirkung der Düngung mit fixen Mineralsubstanzen wird durch die Vergleichung der Erträge seiner Stücke II. und III. in den verschiedenen Jahren in die Augen fallen.

Im Jahre 1850 war das Stück III. mit 300 Pfund kohlen-saurem Kali, 200 Pfund kohlen-saurem Natron, 100 Pfund Bittersalz, 200 Pfund Knochenerde, 150 Pfund Schwefelsäure zum dritten Male gedüngt worden und hatte in den darauf folgenden 5 Jahren als Dünger nur Ammoniaksalze empfangen.

Das Stück II. war nur einmal (1844) mit saurem phosphorsaurem Kalk und kieselsaurem Kali und in den darauf folgenden 11 Jahren mit Ammoniaksalzen allein gedüngt worden.

Die Erträge dieser Felder vom Jahre 1850 an waren folgende:

	Ernte in Pfunden Korn und Stroh				
	1851	1852	1853	1854	1855
I. Ungedüngtes Stück.....	2710	2457	1772	3496	2860
II. 1844 fixe Mineralstoffe, sodann bis 1855 Ammoniaksalze.....	5036	4107	2691	5808	3779
III. 1844, 1848, 1850 Mineralstoffe, sodann bis 1855 Ammoniaksalze..	4985	4162	3578	7003	5074
oder					
I.	1000	1000	1000	1000	1000
II.	1850	1630	1500	1690	1520
III.	1800	1690	2010	2000	1770

Wie man bemerkt, lieferte das Feld Nr. III., nachdem es im Jahre 1850 eine starke Mineraldüngung empfangen hatte, in den beiden darauf folgenden Jahren keinen höheren Ertrag als das zweite, welches diesen Ueberschuss an Nahrungsstoffen nicht zugeführt erhielt, und aus diesem Mangel an Wirkung würde der unerfahrene Landwirth leicht zu dem Schluss sich berechtigt geglaubt haben, dass an diesen Stoffen das Feld reich genug und darum ihre Zufuhr überflüssig und ihr Ersatz eine Verschwendung gewesen sei; allein diese mit so viel Beharrlichkeit fortgesetzten Versuche beweisen die Ungründlichkeit eines solchen Schlusses; sie zeigen, dass kein Theilchen derselben wirkungslos gewesen ist, dass sie aber erst dann zur Wirksamkeit kamen, nachdem sie sich im Boden verbreitet hatten; sie zeigen, dass, um wirksam zu sein, diese Mineralstoffe für sich einer viel längeren Zeit bedürfen, als wenn sie in der Form des Stalldüngers gegeben werden, in dessen organischen Bestandtheilen eine Quelle von Kohlensäure und darin das natürliche Lösungs- und Verbreitungsmittel seiner fixen Bestandtheile mitgegeben wird.

Erst im vierten Jahre (1853) war die Wirkung der fixen Nahrungselemente in den gesteigerten Erträgen bemerklich und ihre Nachhaltigkeit zeigte sich in der augenscheinlichsten Weise noch im sechsten.

Während die Ammoniaksalze die Erträge des zweiten Stückes (welches sieben Jahre vorher eine Mineraldüngung empfangen hatte) im Jahre 1853 um die Hälfte des Ertrages des ungedüngten Stückes erhöhten, war der Ertrag des dritten Stückes bei gleicher Ammoniakdüngung doppelt so hoch; im Jahre 1854 überstieg dessen Ertrag den des zweiten Stückes um 31, im Jahre 1855 um 45 Procent.

Es ist nicht wohl möglich für die Ungleichheit der beiden mit Ammoniaksalzen gedüngten Weizenfelder eine andere Ursache aufzufinden, als dass das eine an fixen Nahrungsstoffen für die Weizenpflanze reicher war als das andere; und nichts ist gewisser, als dass die Erträge beider Felder nicht im Verhältnisse zu den zugeführten Ammoniakmengen standen.

Und da die im Jahre 1850 dem dritten Stück einverleibten fixen Nahrungsstoffe als die nächste Ursache der in den Jahren 1853 bis 1855 darauf geernteten höheren Erträge angesehen werden müssen, so kann es wohl nicht bezweifelt werden, dass die im Jahre 1844 dem zweiten Stück gegebenen gleichen Nahrungsmittel (560 Pfund saurer phosphorsaurer Kalk und 220 Pfund kieselsaures Kali) die nächste Ursache der auf diesem Stück über das ungedüngte Stück geernteten Mehrerträge in den folgenden elf Jahren gewesen sind.

Auf Feldern von so identischer Beschaffenheit wie die Versuchsfelder von Lawes lässt sich nicht denken, dass das dritte Stück höhere Erträge in den Jahren 1853, 1854 und 1855 hätte liefern können als das zweite, wenn die darin vorhandene Summe von wirksamen Bodenbestandtheilen nicht grösser als die des zweiten gewesen wäre; und wenn die des zweiten nicht grösser als die des ungedüngten Stückes gewesen wäre, so würde auch bei diesem zweiten Stück die Höhe und Dauer der Erträge beeinträchtigt worden sein.

Es folgt daraus von selbst, dass auch die Erträge des ungedüngten Stückes im Verhältniss standen zu der Summe der im Boden vorhandenen wirksamen Bestandtheile; wäre diese Summe kleiner gewesen, so würde sich dieser Mangel in einer Verminderung der Erträge bemerkbar gemacht haben; mit der Vermehrung dieser Bodenbestandtheile auf dem zweiten Felde nahmen dessen Erträge, vermittelt durch die Ammoniaksalze, zu und eine weitere Vermehrung derselben Bestandtheile hatte auf dem dritten Felde eine noch höhere Steigerung der Erträge zur Folge, trotzdem dass dieses dritte Feld weniger Ammoniaksalze empfangen hatte als das zweite.

Es ist hieraus ferner klar, dass die Erträge und Mehrerträge abhängig waren von der Summe der Bodenbestandtheile in den drei Feldern und von dem Theile dieser Summe, welcher durch die Mitwirkung der Ammoniaksalze zur Aufnahme geschickt und geeignet gemacht wurde. Ohne die Zufuhr von fixen Bodenbestandtheilen, welche in Lawes' Versuchen das zweite und dritte Stück empfangen, würden diese Felder nach einer kurzen Anzahl von Jahren in denselben Zustand versetzt worden sein, in dem sich Schattenmann's Felder befanden, auf welchen die Anwendung von Ammoniaksalzen keine Vermehrung des Kornertrags bewirkte. Und wenn durch Zufuhr von Ammoniaksalzen oder Chilisalpeter der Ertrag eines Feldes als Korn und Stroh gesteigert wird, so ist der nächste Grund immer der, dass ein Theil mehr von der Summe der im Felde vorhandenen Bodenbestandtheile übergangsfähig in die Pflanze und darum wirksam geworden ist; ohne diesen Ueberschuss würden die Ammoniaksalze und der Chilisalpeter keine Wirkung gehabt haben.

Ein Feld, welches durch Düngung mit diesen Salzen einen höheren Ertrag ein Jahr oder mehrere Jahre lang geliefert hat, nimmt an Fruchtbarkeit für künftige Ernten ab; denn fruchtbar bleiben könnte es nur dann, wenn die Bedingungen der Fruchtbarkeit sich gleich geblieben wären, so wie es denn auch nur fruchtbarer

werden kann, wenn diese Bedingungen vermehrt werden. In den Mehrerträgen der durch Ammoniaksalze oder Chilisalpeter gewonnenen Ernten hat man aber die Bestandtheile des Bodens, die zu Korn und Stroh geworden sind, hinweggenommen und das Feld ist nach der Ernte daran ärmer wie zuvor geworden.

Die Erfahrung zeigt, dass die Erträge der Felder in derselben Gegend sehr ungleich sind, auch wenn sie die nämliche Menge an verwesenden organischen Materien und Stickstoff enthalten. Die eine Wiese liefert doppelt, dreimal mehr Heu als unter denselben äusseren Verhältnissen die gleich grosse Fläche einer andern Wiese. Ein Morgen Kleefeld liefert drei, viermal mehr Kleeheu als ein Morgen eines anderen Kleefeldes.

Die Ursachen dieser ungleichen Ertragsfähigkeit sind immer und überall dieselben.

Zwei Feldern von gleicher Oberfläche führt die Atmosphäre eine gleiche Menge Kohlensäure und Ammoniaktheilchen zu, aber auf der Oberfläche des fruchtbareren Feldes wird dennoch zwei, drei, viermal mehr Kohlenstoff und Stickstoff in der Form von Wiesen- oder Kleeheu geerntet als auf dem andern; es ist klar, dass der Grund des Mehrertrags nicht in der Luft, sondern im Boden liegt.

Der fruchtbarere Boden gab an die Pflanze zwei, drei, viermal mehr Bodenbestandtheile für ihre Ernährung ab; es sind mehr Bodenbestandtheile der Menge oder ihrem übergangsfähigen Zustande nach darin vorhanden gewesen.

Wenn wir uns denken, dass die Atmosphäre in einem Jahre zwei ungleich fruchtbaren Kleefeldern oder Wiesen, in denen also das eine eine grössere Summe von Bodenbestandtheilen enthält als das andere, die doppelte, drei- oder vierfache Menge von Ammoniak zuführe als sie sonst empfangen, und dass der Ertrag derselben hierdurch gesteigert werde, so wird der Mehrertrag der beiden Felder immer ungleich, der des fruchtbareren Feldes wird immer höher als der des minder fruchtbaren und zwar in demselben Verhältnisse höher sein, denn die Bedingungen der Fruchtbarkeit des Bodens sind der Menge nach in beiden Feldern unverändert geblieben.

Die Erhöhung der Erträge eines Feldes durch Zufuhr von Ammoniak oder dessen Salzen setzt nothwendig voraus, dass die Bedingungen der Mehrerträge vorhanden aufnehmbar und wirksam geworden sind.

Immer und in allen Fällen stehen die Erträge und ihre Dauer im Verhältniss zu der Summe der im Boden vorhandenen zur Ernährung geeigneten fixen Nahrungsmittel.

Die Höhe der Erträge steht im Verhältniss zur Schnelligkeit der Wirkung der Bodenbestandtheile in der Zeit, d. h. zu dem Theil der Summe, welche jährlich von dem Boden aus in die Pflanze übergeht.

Wenn demnach ein Feld so viel fixe Pflanzennahrungsmittel enthält, dass es ohne allen Ersatz derselben in 100 Jahren 100 mittlere, d. h. lohnende Weizenernten liefern kann und nicht mehr, so ist dasselbe nach dieser Zeit vielleicht noch reich genug für ein anderes Gewächs, allein in landwirthschaftlichem Sinne ist es kein Weizenboden mehr.

Wenn wir nun durch eine weiter getriebene mechanische Bearbeitung des Bodens oder durch chemische Mittel wie Chilisalpeter, Kochsalz und Ammoniaksalze die Wirkung der vorhandenen fixen Nahrungsstoffe beschleunigen, so wird das Feld vielleicht in 50 Jahren eben so viel Korn und Stroh liefern, als es ohne diese Mittel in 100 Jahren geliefert haben würde, und das Feld würde in der halben Zeit für die Weizencultur erschöpft sein.

Durch Anwendung solcher Mittel erzeugt das Feld im Ganzen nicht mehr, aber in der Zeit mehr.

Wenn der Landwirth die Bedingungen, von welchen die Dauer seiner hohen Ernten abhängt, nicht im Auge behält und sich auf die Wirkung seiner Arbeit und auf die Anwendung von Chilisalpeter, Ammoniaksalzen und Kochsalz verlässt, ohne gleichzeitig für den Ersatz der in den Ernten dem Boden entzogenen Bestandtheile Sorge zu tragen, so speculirt er auf den Reichthum seiner Felder, von dem er Nichts weiss und über dessen Grösse ihm Niemand Aufschluss geben kann; er eignet sich im Voraus den Gewinn an, der ihm in späteren Jahren sicherlich zugefallen wäre, und der einzige Unterschied zwischen ihm und dem Actienspeculanten auf Eisenbahnunternehmungen ist in der Regel der, dass ihn oder seine Nachkommen die Strafe für seine thörichten Handlungen unzweifelhaft ereilt, welcher der Actienspeculant zuweilen entgeht, indem er sie Andern zuwendet. Es kann auf manchen Feldern die scheinbar gewinnreiche Anwendung dieser Mittel lange dauern, ehe der Landwirth den Schaden gewahr wird, den er sich durch Vernachlässigung des Ersatzes zufügt; allein je länger seine hohen Ernten gedauert haben, desto näher ist er der Grenze, wo sie ein Ende haben müssen.