Die Ernährung der Pflanzen.

Vortrag im naturwissenschaftlichen Verein Regensburg
vom Kgl. Landwirtschaftslehrer **Schüler.**

Die Stoffe, welche die Pflanze aufnimmt, können wir die Nährstoffe derselben nennen. Indessen bedarf es doch bei diesen Stoffen erst der Entscheidung, ob sie für die Entwicklung der Pflanzen notwendig oder entbehrlich sind, denn es ist nicht ausgeschlossen, dass auch Stoffe in die Pflanze gelangen, die für die Ernährung derselben nicht wesentlich sind. Nur die hiezu unentbehrlichen können wir als echte Nährstoffe ansehen.

Um zunächst die chemischen Bestandteile der erwachsenen reifen Pflanze kennen zu lernen, unterscheiden wir an jeder Pflanzensubstanz zwei Hauptbestandteile: **Das Wasser und die Trockensubstanz;** beide zusammen machen das Gewicht der Pflanze in frischem Zustand aus. Durch Trocknen an der Luft bei 100° C entfernen wir aus der frischen Substanz alles Wasser und behalten die Trockensubstanz übrig. Der Wassergehalt der meisten Pflanzenteile schwankt zwischen 60 und 80% , in saftreichen Früchten ist er noch höher, in reifen trockenen Samen dagegen bedeutend geringer. Mit zunehmendem Alter der Pflanzenteile nimmt in der Regel die Trockensubstanz zu; sie beträgt z. B. im jungen Wiesengras 15—20%, im blühenden 25—30%.

Die Trockensubstanz besteht wieder aus 2 Hauptbestandteilen: aus der verbrennlichen oder organischen Substanz und aus der Asche. Durch Verbrennen und Glühen der Trockensubstanz wird der organische Bestandteil zerstört; er umfasst die aus C, H, O und N zusammengesetzten Verbindungen, welche die eigentlichen Pflanzenstoffe darstellen, wie Zellstoff, Stärke, Zucker, Fett, Amide, Proteinstoffe usw. Die zurückbleibende Asche enthält die unorganischen (mineralischen) Verbindungen, welche die Pflanze aus dem Boden aufgenommen

hatte. In allen Pflanzenaschen sind die Oxyde folgender Elemente zu finden: S, P, K, Ca, Mg, Fe, Si, Cl und Na. Die Kohlensäure in den kohlensauren Salzen der Pflanzenasche ist dagegen erst bei Herstellung der Asche aus der Verbrennung der organischen Substanz entstanden. — Die Zusammensetzung der Trockensubstanz ist aber bei jeder Pflanzenart, was die Mengenverhältnisse der einzelnen Elemente anlangt, anders; besonders sind auch in der Asche die einzelnen Bestandteile je nach Pflanzenarten und selbst je nach Pflanzenteilen in verschiedenen Mengen vertreten, was mit den Ernährungsbedürfnissen zusammenhängt. Im allgemeinen aber kann man sagen, dass der Kohlenstoff, wenn man vom Sauerstoff absieht, das in grösster Menge in der Trockensubstanz enthaltene Element ist, welches beinahe die Hälfte derselben ausmacht, während der Stickstoff nur in wenigen % vertreten ist. Auch die gesamte Asche macht nur wenige % der Trockensubstanz aus, es gibt aber Abstufungen zwischen aschenreichen und aschenarmen Pflanzenteilen. Im allgemeinen ist in den Samen und in den unterirdischen Teilen die Asche geringer als in den Stengeln und Blättern. Unter den Aschenbestandteilen zeigt sich meist bevorzugt das Kalium und der Phosphor, oft auch Calzium, in einigen Pflanzen auch das Silicium. So enthalten Kartoffeln und Rüben z. B. hauptsächlich Kalium, die Getreidekörner K und P, Getreidestroh besonders Si in ihrer Asche.

Von den genannten Elementen gehören aber nur folgende zu den echten Nährstoffen: **C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg u. Fe.** Die übrigen können unbeschadet der Entwicklung der Pflanzen fehlen. Von den 4 erstgenannten Elementen ist die Unentbehrlichkeit selbstverständlich, weil sie die Bestandteile der organischen Substanz ausmachen, indem C, H und O zu allen organischen Pflanzenstoffen, der N zur Bildung der Eiweissstoffe, der Amide und anderer Nhaltiger Verbindungen gebraucht werden. Dass von den anderen Elementen kein einziges fehlen darf, um eine Pflanze normal zu ziehen, beweist man durch künstliche Ernährungsversuche mittelst der sogenannten Wasserkulturen, indem man die Pflanze ihre Wurzeln in reinem Wasser bilden lässt, nachdem man in dem Wasser die betreffenden Elemente in geeigneten Verbindungen aufgelöst hat. Eine geeignete Nährstofflösung ist z. B. folgende:

1,00 g Ca nitrat
0,25 g Chlorkalium
0,25 g Mg sulfat
0,25 g K phosphat
Spuren von Fe

Sa. 1,75 g auf 1000 g H_2O.

Wenn man aus dieser Nährstofflösung irgend ein Element weglässt, indem man es in dem betreffenden Salz durch ein anderes vertreten lässt, so gedeihen die Pflanzen nicht und beweisen dadurch, dass das fragliche Element für sie unentbehrlich ist. — Da die Pflanzen die einzelnen Nährstoffe in jeweils bestimmten Mengen beanspruchen, so wird ihre Entwicklung jedesmal beeinträchtigt, wenn irgend eines der Elemente in ungenügender Menge vorhanden ist und die übrigen Nährstoffe kommen dann nicht zur vollen Verwertung. Wenn wir in solchem Falle durch geeignete Düngung dasjenige Element, woran die Pflanze Not leidet, hinzufügen, so erzielen wir höhere Ernten. Es beherrscht also immer der jeweils im Minimum vorhandene Nährstoff die Entwicklung der Pflanze. Dieses, von dem grossen Chemiker Liebig gefundene, sogenannte „Gesetz des Minimums“ ist ein Fundamentalsatz in der ganzen Düngerlehre. —

Wir werden nun kennen lernen, aus welchen Quellen in der Natur die Pflanze ihre einzelnen Nährstoffe erwirbt. Es wird sich dabei herausstellen, dass die meisten dieser Stoffe in der Pflanze erst in andere chemische Form übergehen müssen, ehe sie zum eigentlichen Aufbau des Pflanzenkörpers dienen können, d. h. die rohen Nährstoffe werden in der Pflanze erst in die Bildungsstoffe oder plastischen Stoffe umgewandelt.

Durch Versuche, welche von Boussaingault ausgeführt wurden, ist nachgewiesen, dass der gesammte Kohlenstoff, welcher in der Trockensubstanz der Pflanze sich vorfindet, herstammt aus der CO_2 der Luft, da völlig normal entwickelte Pflanzen erhalten werden können, wenn man dieselben unter abgeschlossenen Glasglocken kultiviert und ihnen als Kohlenstoffquelle nur CO_2haltige Luft zur Verfügung stellt. Die Aufnahme der CO_2 erfolgt durch die Blätter und es wird durch gleichzeitige Einwirkung von Licht durch die Tätigkeit des grünen Farbstoffs, des Chlorophylls, bei genügender Feuchtig-

keit der Pflanze die CO_2 sogleich zu einer komplizierten organischen Verbindung umgewandelt, in Stärkmehl. Diesen Vorgang bezeichnet man bekanntlich als Assimilationsprozess. Das in der chlorophyllhaltigen Zelle gebildete Stärkemehl verwandelt sich beständig in Traubenzucker und diese, in H_2O lösliche Verbindung wandert dann von Zelle zu Zelle weiter, um aus dem Blatt in andere Organe der Pflanze zu wandern und sich dann wieder entweder zurück in Stärkmehl zu verwandeln oder durch Verbindung mit Nhaltigen Stoffen und schwefelsauren Salzen die wichtigen Eiweisskörper zu bilden. Auch die in den Pflanzen vorkommenden Fette und Oele, wie auch das Holz, stammen in letzter Linie von dem assimilierten Stärkmehl. — Bei der Assimilation von CO_2 und H_2O wird ein, dem aufgenommenen Volumen der CO_2 gleiches Volumen O wieder abgegeben und es ist daher dieser Vorgang als ein Reduktionsvorgang zu bezeichnen. — Ein geringer Teil des C der Pflanze kann auch dem Boden entstammen, insofern, als durch die Wurzeln lösliche CO_2-salze oder auch organische Verbindungen aufgenommen werden. So können z. B. Harnstoff, Harnsäure usw. aufgenommen werden.

Neben diesem Assimilationsprozess, welcher wie schon bemerkt, blos bei Licht, also am Tage sich abspielt, findet aber gleichzeitig der Atmungsprozess statt, bei dem der O der Luft aufgenommen wird und CO_2 dafür wieder ausgeschieden wird. Die Pflanzen atmen also genau wie die Menschen und Tiere. Da aber der Assimilationsprozess der stärkere ist, so wird mehr C produziert als veratmet, mit anderen Worten: die Pflanze nimmt ständig an Trockensubstanz zu — sie wächst.

H u. O werden sodann in Gestalt von H_2O durch die Wurzeln aufgenommen und ist das Wasser nicht nur ein unentbehrliches Nahrungsmittel für die Pflanze, sondern es dient gleichzeitig auch als Lösungs- und Transportmittel für sämtliche Nährstoffe: die Pflanze trinkt, um ihren Durst und gleichzeitig ihren Hunger zu stillen, und da sie nur in H_2O lösliche Stoffe mit den Wurzeln aufzunehmen vermag, so bedarf sie hiezu riesiger Mengen von Wasser, die sie dann durch die Spaltöffnungen ihrer Blätter wieder in Gestalt von H_2Odampf abgibt.

Den **N,** welchen die Pflanzen bedürfen, um die Eiweiss-

körper usw. zu bilden, entnehmen die meisten Pflanzen in Form von salpetersauren Salzen dem Boden. Ammoniaksalze können zwar ebenfalls aufgenommen werden, doch haben diesbezügliche Versuche gelehrt, dass dann die Entwicklung der Pflanzen lange nicht so kräftig ist, als wenn ihnen Nitrat N zur Verfügung steht. Das NH_3 verwandelt sich im Boden aber immer bald in HNO_3 (es wird „nitrifiziert") und die sich bildendenden salpetersauren Salze werden dann von den Pflanzen wieder aufgenommen.

Ausser diesem Boden N, welcher meist in sehr geringer Menge vorhanden ist und für dessen Ersatz der Landwirt ständig zu sorgen hat, steht einer Gruppe von Pflanzen eine zweite, viel grössere Nquelle zur Verfügung, nämlich der N der atmosphärischen Luft, den aber nur die Leguminosen, die sogenannten schmetterlingsblütigen Gewächse zu assimilieren vermögen, während alle anderen Pflanzen dies leider nicht können. Ich sage leider, denn es könnte die Landwirtschaft bedeutend billiger produzieren, wenn sie den N nicht für die meisten Kulturgewächse für schweres Geld in Form von künstlichen Düngermitteln zu kaufen brauchte! Ueber die Vorgänge bei der N assimilation und über deren künstliche Steigerung möchte ich eventuell später, am Schlnss meiner Ausführungen, sofern es die Zeit noch gestattet, einiges mitteilen; vorläufig muss ich mich mit diesem Hinweis begnügen und über die Herkunft der in der Pflanze sich findenden mineralischen Stoffe sprechen.

Der **S,** welcher zu den Bestandteilen der Eiweissstoffe gehört, ist für das Protoplasma der einzelnen Zellen unentbehrlich und wird in Form von H_2SO_4salzen dem Boden entnommen. Bei dem geringeren Gehalt der Eiweissstoffe an S, ist aber das Bedürfnis der Pflanze nach diesem Element ein sehr geringes.

Der **P** steht ebenfalls in Beziehung zu den Eiweissstoffen und wird der Bedarf der Pflanze an diesem Element, welcher nicht unbedeutend ist, in Gestalt von Psauren Salzen gedeckt.

Ebenso ist das Bedürfnis vieler Pflanzen nach **K** sehr beträchtlich. Es findet sich dieses Element immer in den jungen und Nreichen Pflanzenteilen am reichlichsten vertreten und scheint zum Aufbau einer jeden Zelle gebraucht zu werden und vielleicht zu den Eiweissstoffen in einer Beziehung zu

stehen, die aber noch nicht näher bekannt ist. Auch Pflanzen die viel Kohlenhydrate wie Stärke, Zucker etc. produzieren, gehören zu den besonders K bedürftigen. Das K wird in Gestalt von Ksalzen aus dem Boden aufgenommen.

Das **Ca** ist ebenfalls für die Entwicklung der Pflanze unentbehrlich, aber es zeigt ein wesentlich anderes Verhalten als das K. Zwar in jedem Pflanzenteil vertreten, hat es doch seinen Hauptsitz in den Stengeln und älteren Blättern, in denen es sich sogar mit zunehmendem Alter immer mehr ansammelt. Wir finden hier in einzelnen Zellen grosse Krystalle von oxalsaurem Kalk, welche bis zum Tod des Pflanzenteils nicht wieder verschwinden. Dieser Kalk hat der Pflanze nur indirekt gedient: Salpetersäure und P_2O_5 werden nämlich hauptsächlich als Kalksalze von der Pflanze aufgenommen, nach Abspaltung dieser zur Ernährung nötigen Säuren bleibt der Kalk, gebunden an eine zu diesem Zweck von der Pflanze gebildeten organischen Säure, unverwendet in den Zellen liegen. Aber das Ca muss noch eine andere direkte Rolle in der Pflanze spielen, denn wenn man jene anorganischen Säuren in anderer Salzform der Pflanze darbietet und das Ca ganz ausschliesst, so sterben die Wurzeln sehr rasch ab und die Pflanze verwelkt und geht zu Grunde. Worin aber diese direkte Rolle besteht, ist unbekannt; man vermutet sie in einer Beziehung zur Bildung der Zellhaut oder der Kohlehydrate überhaupt, denn tatsächlich zeigen die Zellhäute in ihrer Asche nicht unbedeutenden Kalkgehalt. — Die Pilze sollen nach Molisch den Kalk entbehren können.

Das **Mg** zeigt in seiner Verteilung in der Pflanze ein anderes Verhältnis als das Ca; es bevorzugt mehr die N reichen Teile, besonders die Samen und scheint daher zusammen mit der P_2O_5 in einer gewissen Beziehung zu den Eiweissstoffen zu stehen. Es wird von der Pflanze in der Form von Mgsalzen aufgenommen.

Das **Eisen,** wiewohl unter allen notwendigen Nährstoffen in geringster Menge in der Pflanze vertreten, hat doch eine hervorragende Bedeutung für alle grünen Pflanzen, weil es zur Bildung des Chlorophylls unentbehrlich ist; bei vollständigem Ausschluss von Fe unterbleibt die Ergrünung, die Pflanzen werden gelb oder bleichsüchtig (chlorotisch) Ein Zusatz von Fe lässt die Blätter aber rasch wieder ergrünen.

Endlich ist noch anzuführen, dass das **Cl** zwar entbehrlich für die Pflanze ist, aber doch entwickeln sie sich besser, wenn ihnen Cl zur Verfügung steht und tatsächlich enthalten auch alle Pflanzen in ihrer Asche Cl-salze. Wie neuere Forschungen ergeben haben, steht das Cl in einem Zusammenhang mit dem Transport der Nährstoffe im Innern der Pflanzen-Gewächse, welche ohne Cl-salze in Nährlösungen gezogen wurden, zeigten in ihren Blättern reichlich Stärke, in den übrigen Organen aber nicht. Die Pflanzen können also ohne Cl assimilieren, aber es fehlt ihnen die Fähigkeit die gebildete Stärke weiter zu transportieren.

Ebenso ist auch das **Si** zwar in allen Pflanzenaschen nachweisbar, aber doch nicht als eigentlicher und unentbehrlicher Nährstoff zu betrachten. Die Pflanze verwendet Kieselsäure mit als Baustoff der Zellmembran, besonders in der Epidermis, die dadurch rauh und hart wird. Sehr reich daran sind Spelzen und Grannen des Getreides und besonders der Sauergräser (%). Bei Ausschluss des Siliciums aus den Nährstoffen erscheinen diese Teile natürlich weicher, aber die Pflanze entwickelt sich im Uebrigen vollständig normal. Jedenfalls dient das Si als Schutz gegen die Einwanderung niederer Pilze durch die Epidermis.

Nachdem wir so in Kürze die einzelnen Baustoffe der Pflanze kennen gelernt haben, möchte ich nur noch erwähnen, dass man beim Ersatz der verbrauchten Nährstoffe in der praktischen Landwirtschaft, also bei der Düngung nicht für alle 10 genannten Elemente zu sorgen hat. Die meisten dieser Stoffe stehen den Pflanzen stets in genügender Menge im Boden und in der atmosphärischen Luft zur Verfügung nur **4** Bestandteile des Bodens brauchen unsere Kulturgewächse in solcher Menge, dass für deren Ersatz rechtzeitig Sorge getragen werden muss. Diese 4 Nährstoffe, von welchen sehr oft der eine oder andere, manchmal aber auch alle zugleich ins Minimum geraten und daher in Gestalt von natürlichen oder künstlichen Düngemitteln ersetzt werden müssen, sind: der N, die P_2O_5, das K_2O und der CaO. In den natürlichen Düngemitteln, wozu der Stallmist, die Jauche, die Latrine, der Kompost usw gehören, sind alle 4 dieser Nährstoffe enthalten, während in den sogenannten künstlichen Düngemitteln meist nur 1 oder 2 von diesen Stoffen sich befinden.

Ich habe hier die wichtigsten künstlichen Düngemittel, wie sie gegenwärtig in der praktischen Landwirtschaft gebraucht werden **Als Ndünger** steht dem Landwirt vor allem der Chilesalpeter zur Verfügung, d. i. ein Salz (salpetersaures Natron), welches sich an der regenlosen Westküste Südamerikas, in der Republik Chile in rohem Zustand als sogenannter Caliche findet. Ueber seine Bildung existieren verschiedene Theorien, von denen hier nur 2 erwähnt seien, welche sich hart bekämpfen. Die erste derselben geht dahin, dass jene Lager verwitterte Exkremente von Tieren und wohl auch deren Kadaver selbst sind, ähnlich wie die Guanolager in Peru. Eine andere Theorie, welche viel einleuchtender ist, wurde im Jahre 1868 von Nöllner aufgestellt und diese lautet folgendermassen: Wir haben im Ozean sogenannte Tangwiesen; das sind gewaltige Inseln von Seepflanzen, die im stillen Ozean herumschwimmen. Diese Inseln sind durchaus nicht klein, sondern haben oft recht bedeutende Dimensionen. — Solche Tangwiesen, behauptet Nöllner, wurden durch vulkanische Hebung des Terrains isoliert, nach Verdunstung des Seewassers blieben diese Tangwiesen zurück und sind verwest. Diese Theorie hat viel Wahrscheinlichkeit für sich, weil die Seepflanzen wie auch der Chilesalpeter jodhaltig sind und in der Tat liefern die Seepflanzen auch einen Teil des auf den Markt gebrachten Jods.

Dies ist in kurzen Zügen die Entstehungsgeschichte dieses beliebten Düngemittels, welches alljährlich in einer Menge von 8.000.000 Ztr. in Deutschland importiert wird und einen Wert von ca. 80.000.000 Mk. repräsentiert, eine Summe, welche das Nationalvermögen in unliebsamer Weise schmälert.

Im Gegensatz zum Chilesalpeter wird das zweite Nsalz, nämlich das schwefelsaure NH , verhältnismässig wenig angewendet, da es langsamer wirkt; (es muss sich im Boden erst in HNO umwandeln). Dasselbe wird als Nebenprodukt bei der Leuchtgasfabrikation erhalten und enthält ca 20' N (der Chilesalpeter nur 16%). Im Interesse der einheimischen Produktion wäre eine weitere Verbreitung dieses Ndüngers wünschenswert und diese wird auch nicht lange mehr ausbleiben, da die Salpeterlager in Chile in 20—30 Jahren vollständig ausgebeutet sein werden und andere derartige

Lager in nennenswerter Ausdehnung auf der weiten Erde nicht mehr zur Verfügung stehen dürften.

Als P-düngemittel kommt zunächst das Thomasmehl in Betracht, ein Nebenprodukt der Eisenfabrikation. Im Jahre 79 wurde von einem Engländer namens Thomas ein Verfahren erfunden um den im rohen Eisen häufig vorkommenden P abzuscheiden und das Eisen dadurch im Wert zu erhöhen. Man lässt bei diesem Verfahren bei sehr grosser Hitze Kalk und Luft auf Roheisen einwirken, der P verwandelt sich dabei in P_2O_5, welche mit anderen Nebenbestandteilen des Roheisens und mit dem Kalk eine Schlacke bildet. Diese Schlacke wurde jahrelang in der Eisenfabrikation als lästiger, wertloser Ballast betrachtet, bis man ihre düngende Eigenschaft erkannte und heute bildet sie eine grosse Einnahmequelle bei der Eisenfabrikation. Sie wird gemahlen und kommt unter dem Namen Thomasmehl in den Handel. Ihr Gehalt an P_2O_5 schwankt zwischen 14 18"

Ein anderes Pdüngemittel ist das Superphosphat, welches aus Phaltigen Stoffen, besonders aus Knochen, durch Aufschliessen derselben mit H_2SO_4 hergestellt wird und welches noch rascher wirkt, als das Thomasmehl. Der P_2O_5-gehalt schwankt bei diesem Düngemittel sehr und darnach bemisst sich natürlich auch sein Preis. Es gibt Superphosphate mit 10 – 18"/„ P_2O_5 aber auch solche, welche 38—44"/„ P_2O_5 besitzen, letztere werden Doppelsuperphosphate genannt.

Ein 3. Pdüngemittel ist das Knochenmehl, ein Pulver aus entfetteten Knochen mit ca. 21"/„ P_2O_5, das aber langsam wirkt und daher nicht sehr beliebt ist. Es werden meistens, wie bereits erwähnt, die Knochen erst mit H_2SO_4 behandelt und Superphosphate daraus hergestellt, die den Vorzug rascherer Wirksamkeit besitzen.

Der Peruguano endlich, ist ebenfalls ein Pdünger, enthält aber auch nicht unbedeutende Mengen von N. Er stammt von ausgetrockneten Exkrementen und Leichen von Seevögeln, wird aber wegen seiner Schwerlöslichkeit in der Landwirtschaft wenig als Dünger verwendet. Auch er dient vielfach zur Herstellung von Superphosphat.

Bezüglich **K_2O haltiger Düngemittel** ist Deutschland in der glücklichen Lage fast unerschöpfliche Vor-

räte davon zu besitzen. In der Nähe von Stassfurt, in der Provinz Sachsen, befinden sich riesige Steinsalzlager, welche in ihren oberen Schichten sehr K_2O und MgO haltig sind. Diese müssen weg- oder abgeräumt werden um das darunterliegende NaCl zu erhalten und werden deswegen „Abraumsalze" genannt. Diese Abraumsalze sind als Kdüngemittel von hervorragender Bedeutung. Sie haben je nach ihren Hauptbestandteilen verschiedene Bezeichnung und liegen in verschiedenen Schichten in der Erde. Ein Blick auf die Stassfurter Salzformation zeigt uns die Lagerung der Schichten; wir sehen, dass erst bei einer Tiefe von über 200 m das Steinsalz beginnt und sich oft bis zu einer Tiefe von ca. 1000 m erstreckt. Darüber lagern die Abraumsalze und über diesen bunter Lettenschiefer. Man denkt sich die Bildung jener grossartigen Salzlager in der Weise vor sich gegangen, dass ein vom Weltmeer durch irgend eine Terrainveränderung abgeschnittenes Salzbecken der langsamen Verdunstung, ähnlich wie jetzt etwa das Tote Meer, unterlegen sei und dass sich dabei die einzelnen Salze in der Reihenfolge ihrer Schwerlöslichkeit abgelagert hätten. So habe sich notwendig erst Gyps und das schwerlöslichere Kochsalz, abwechselnd mit Anhydritschnüren, tiefer unten ablagern müssen und erst hierauf die löslicheren Doppelsalze von Kali und Magnesia, die wir in den oberen Abraumschichten vertreten finden. Sodann haben sekundäre Prozesse, Eindringen von Süsswasser in die Ablagerungen, Auflösen und Wiederabscheiden aus denselben bei der Gestaltung ihre Rolle gespielt. Auf diese Weise sei dann auch das jüngere Steinsalz und das Anhydrit entstanden.

Unter den sogenannten Abraumsalzen werden etwa 10 verschiedene Hauptmineralien unterschieden, von denen aber wegen ihres Kaligehalts nur 2 als Düngemittel in Betracht kommen: Kainit und Karnallit.

Der Kainit ist das in grösstem Umfang verwendete Salz. Er enthält schwefelsaures K, schwefelsaures Mg und Chlormagnesia, sowie NaCl. Sein Gehalt an K_2O beträgt 12%.

Der Karnallit besteht aus Chlorkalium, Chlormagnesium und H_2O. Sein Gehalt an K_2O beträgt 9%

Wegen seines geringen Gehalts an K_2O sind die Transportkosten unverhältnismässig hoch, sodass er nur in der Nähe der Gewinnungsorte mit Vorteil verwendet werden kann.

Aus dem Karnallit werden auch höherprozentige Düngemittel hergestellt, die sogenannten 40% Kalisalze, die sich mehr und mehr in der Landwirtschaft einführen und besonders für intensiv betriebene Wirtschaften von höchster Bedeutung sind.

Endlich wird der **Kalk** als Düngemittel angewendet und zwar entweder in rohem Zustand als gewöhnlicher kohlensaurer Kalk (nachdem man ihn erst zu einem feinen Pulver gemahlen hat) oder auch als Mergel oder endlich als Aetzkalk, d. i. gebrannter Kalk. Beim Brennen entweicht bekanntlich die CO_2 und in diesem Zustand ist er besonders für schwere Böden sehr geeignet, da er dieselben dann physikalisch verbessert. Ueberhaupt wird Kalk weniger als Pflanzenernährungsmittel angewandt als wegen seiner indirekten Wirkungen. Es würde zu weit führen hier näher darauf einzugehen.

Ausser den genannten künstlichen Düngemitteln werden in der praktischen Landwirtschaft noch verschiedene andere verwendet, die aber lange nicht eine solche Verbreitung besitzen als diese und daher nicht erwähnenswert sind.

Was nun die Menge der anzuwendenden Düngemittel betrifft, so ist dieselbe natürlich von verschiedenen Umständen abhängig, nämlich: von der Güte des Bodens (der sogenannten Bonität), dann von der Vorfrucht, von der Frucht die man anzubauen gedenkt, von der physikalischen Beschaffenheit des Ackerlands usw. usw. Rezepte können hier also nicht gegeben werden und es ist Aufgabe des rationellen Landwirts selbst ausfindig zu machen, welche Gaben an N, P_2O_5 und K_2O für seinen Boden die passendsten sind. Als mittlere Gaben für Halmfrüchte haben sich folgende pro ha Ackerland bewährt: 25 kg N, 50 kg P_2O_5 und 50 kg K_2O. Da nun z. B. der Chilesalpeter 16% N enthält, in einem DZtr. also 16 kg N enthalten sind, so hat man pro ha ca. 3 Ztr. von diesem Düngemittel zu geben, um ca. 25 kg N zu verabreichen.

Endlich möchte ich noch in aller Kürze mitteilen, wie man ausfindig macht, welche Nährstoffe einem

Boden fehlen. Diese Frage ist natürlich für den praktischen Landwirt von grösster Wichtigkeit, denn nach dem von Liebig gefundenen Gesetz des Minimums ist der Ertrag eines Feldes von demjenigen Nährstoff abhängig, der in geringster Menge im Boden vorhanden ist. Es nützt also gar nichts, wenn man z. B. mit N düngt, wenn es dem Boden an P_2O_5 fehlt; erst durch eine P_2O_5-düngung steigt der Ertrag. Es ist also eine kolossale Verschwendung, wenn man, wie es leider sehr vielfach geschieht, aufs geradewohl ein Düngemittel anwendet, ohne vorher zu wissen, ob der in demselben enthaltene Nährstoff auch wirklich dem betr. Boden fehlt. Es gleicht dies einem Lotteriespiel, bei dem die Aussicht auf einen Gewinn eine sehr geringe ist. Trotzdem geschieht dies in der praktischen Landwirtschaft nur zu häufig und 1000de von Mk. werden alljährlich auf diese Weise für Ankauf von künstlichen Düngemitteln umsonst geopfert. Hieraus erklärt sich auch das Vorurteil, das viele Bauern noch heute gegen jegliche Anwendung künstlicher Düngemittel haben. — Es muss also zuerst ausfindig gemacht werden, welche Nährstoffe der Boden braucht und darnach die Wahl des künstlichen Düngemittels erfolgen. Wie ist dies möglich? — Der Laie denkt wohl sogleich an eine chemische Analyse des Bodens; die Praxis aber hat gelehrt, dass uns eine solche wenig nützt. Der Chemiker kann wohl feststellen, welche Nährstoffe der Boden besitzt und welche nicht; er kann sogar die quantitative Analyse liefern, aber er kann leider nicht feststellen, ob die betreffenden Pflanzennährstoffe in schwerlöslicher oder leichtlöslicher Form im Boden vorhanden waren. Gerade darauf aber kommt es an, denn die Pflanzen können zur Nahrung nur leichtlösliche Nährstoffe brauchen. So kann z. B. durch eine chemische Bodenanalyse festgestellt worden sein, dass P_2O_5 in grossen Mengen vorhanden ist und trotzdem erweisen sich die Pflanzen für eine P_2O_5-gabe auf dem betreffenden Boden noch sehr dankbar. In diesem Fall war eben die P_2O_5 in schwerlöslicher Form, vielleicht in Gestalt von 3 basisch-phosphorsaurem Kalk im Boden enthalten und in dieser Form ist sie für die Pflanzenwurzeln unaufnehmbar und so gut wie nicht vorhanden.

Wie Sie sehen, ist die chemische Analyse oft nicht im Stand dem Landwirt in seinen Düngungsfragen den richtigen

Rat zu erteilen. Das einzig richtige Mittel zur Beantwortung der Frage: „Welche Nährstoffe müssen dem Boden zugeführt werden?“ bildet der Düngungsversuch, wie er z. B. von uns Landwirtschaftslehrern in den verschiedenen Gemeinden unseres Dienstbezirks ausgeführt wird, um die gedankenlose Anwendung und Verschwendung der künstlichen Düngemittel im Lauf der Zeit einzuschränken.

Zu diesem Zweck wird ein Streifen Land von beliebiger Grösse abgesteckt und in 6 gleichgrosse Parzellen geteilt*), dann lässt man die 1. Parzelle ungedüngt, die 2. düngt man mit N, P, K und Ca, die 3. blos mit N, K und P, die 4. mit N und K, die 5. mit N und P und die 6. mit P und K.

Bei der Ernte wird jede Parzelle für sich geerntet und gewogen (denn mit freiem Auge sind die Unterschiede oft nicht wahrnehmbar) und am Erntegewicht lässt sich sodann leicht feststellen welcher Nährstoff, oder welche Nährstoffe, in zu geringer Menge vorhanden sind.

Es genügt nicht, wenn man z. B. blos 4 Parzellen machen würde und jede derselben nur mit einem Düngemittel versehen würde, denn wenn es dem Boden gleichzeitig an 2 Nährstoffen fehlte, so würde nach dem Gesetz des Minimums keine der Parzellen auf eine Düngung reagieren. Der richtig angelegte Düngungsversuch also ist es, der uns Klarheit über die Ernährungsfragen der Pflanzen schafft; sowohl die Wissenschaft wie die Praxis verdanken ihm unendlich viel. Ein Blick auf die photographischen Aufnahmen solcher Düngungsversuche zeigt uns z. B. wie der Hafer nach N bedürftig ist, wie die Wiesen auf P_2O_5 u. K_2O reagieren und wie der Klee und die Wicken ebenso gut ohne N-düngung gedeihen, als wenn man ihnen Chilesalpeter zur Verfügung stellt.

Woher dies kommt, würde ich Ihnen noch gern mitteilen, wenn Sie mir noch einige Minuten ihre Aufmerksamkeit widmen wollen.

Die N-assimilation der Leguminosen.

Die Frage, ob die Pflanzen nur gebundenen N durch die Wurzeln aufzunehmen vermögen oder auch den freien N der

*)	—	2 N, P, K, Ca	3 N, P, K	N, P	N, K	6 P, K

Luft verwerten können, wurde durch Versuche von Boussaingault dahin entschieden, dass die Pflanzen weder durch die Blätter noch durch die Wurzeln freien N aufzunehmen vermögen. Zu berücksichtigen ist aber bei diesen Versuchen, welche in den 50er Jahren ausgeführt worden sind, dass dieselben alle mit einem Boden vorgenommen wurden, der vorher geglüht worden war!

Mit diesen Resultaten, nach welchen die Pflanzen den N also nur aus dem Boden in Form von salpetersauren Salzen oder NH_3salzen aufnehmen können, standen die Erfahrungen in der Praxis in vollstem Wiederspruch. Denn man hatte vielfach beobachtet, dass beim Anbau von Leguminosen (also z. B. von Erbsen, Bohnen, Wicken, Lupinen, Peluschken usw.) und ebenso beim Anbau von den verschiedenen Kleearten, kurz von den meisten Futterpflanzen, ohne Düngung mit Stallmist ganz zufriedenstellende Ernten gewonnen wurden, ja dass sogar in den Wurzelrückständen mehr N gefunden wurde, als der Boden vor dem Anbau enthalten hatte. Bei diesen Pflanzen hatte man schon lange Zeit an den Wurzeln eigenartige Anschwellungen, sogenannte Wurzelknöllchen beobachtet, deren Bedeutung aber für die Ernährung der Pflanze lange nicht erkannt wurde Erst durch die Versuche von Hellriegel in Bernburg im Jahre 1885 wurde die Bedeutung dieser Wurzelknöllchen klargestellt In diesen Anschwellungen finden sich nämlich kleine Spaltpilze, durch deren Tätigkeit die Pflanze in den Stand gesetzt wird, den freien N der Luft zu verwerten, einerseits dadurch, dass die Pflanzen selbst die Fähigkeit erlangten den N der Luft zu assimilieren, andererseits auch dadurch, dass diese Wurzelbakterien zunächst freien N in gebundenen überführten und bei dem Auflösen der Wurzelbakterien durch die Pflanzen dieser gebundene N für dieselben zu Gebote steht. Man bezeichnet das Zusammenleben der Pflanzen mit diesen niedrigen Spaltpilzen als sogenannte Symbiose und den in den Knöllchen gefundenen Spaltpilz bezeichnet man als Bacterium radicicola. Diese Bakterien finden sich in den meisten Kulturböden und aus diesen wandern sie durch die Wurzelhaare in das Innere der Pflanze. Es ist dies insofern leicht möglich, weil sie unendlich klein sind

ihre Grösse beträgt nur 0,001 mm. Im Innern der Wurzel vermehren sie sich durch Zellteilung sehr rasch und es entsteht so ein neuer Zellbildungsherd, welcher zur Entstehung des Wurzelknöllchens Veranlassung gibt. Das letztere ist also eine aus der Wurzelrinde hervorgehende Neubildung, die nun längere Zeit fortwächst, indem im Innern des Knöllchens die pilzerfüllten Zellen immer neue dergleichen durch Teilung erzeugen. Damit geht eine enorme Vermehrung des Spaltpilzes Hand in Hand, dessen Individuen zu Millionen die meisten inneren Zellen der oft ziemlich gross werdenden Wurzelknöllchen erfüllen. Man kann die Knöllchen also treffend als Pilzkammern bezeichnen, denn sie sind eben Brut- und Wohnstätten dieser Pilze. Die Pflanze übt aber auch auf den von ihr gezüchteten Pilz eine Veränderung aus: die Bakterien werden in den Zellen der Pflanzen grösstenteils durch Ueberfütterung entartet; sie wachsen allmählich zu eigentümlichen Gebilden aus, Bakteroiden genannt, die das 3- bis 5-fache der ursprünglichen Grösse, abweichende Gestalt und bedeutend vermehrten Eiweissgehalt besitzen. Zuletzt bemächtigt sich aber die Leguminose der in ihren Pilzkammern angesammelten Bakteroiden, indem sie dieselben auflöst und die Eiweisssubstanzen derselben sich zu nutze macht, also sie tatsächlich aufzehrt und verdaut.

Es geschieht dies ungefähr um die Zeit, wo die Pflanzen behufs Bildung ihrer Früchte einen grossen N bedarf hat. Die Wurzelknöllchen erscheinen nach Auflösung der Bakteroiden wie ausgeleert. Für die Leguminosenpflanze hat die Symbiose eine bedeutende Beförderung der Ernährung und der ganzen Entwicklung zur Folge. Durch die Versuche von Hellriegel wurde nämlich nachgewiesen, dass Leguminosen, welchen Wurzelknöllchen fehlten, in N freiem Sand zu Grunde gingen, sobald der geringe N vorrat des Samens aufgezehrt war. Besassen jedoch die Wurzeln Knöllchen, so wuchsen die Pflanzen ebenso üppig, als wären sie mit ausgiebigen Mengen HNO_3 gedüngt worden. Die Bildung der Knöllchen aber unterblieb vollständig, wenn der N freie Sand vor der Aussaat sterilisiert, d. h. durch Erhitzen von allen lebenden Organismen befreit wurde; dagegen konnte sie ausnahmslos erzielt werden, sobald man dem Sand eine geringe Menge eines wässerigen Auszugs von einem Boden zusetzte.

auf dem im Vorjahr die betr. Leguminosenart gut gediehen war, in welchem also voraussichtlich Knöllchenerreger in grösserer Menge enthalten waren.

Als man das eigentümliche Verhältnis der N bakterien zu den Leguminosen erkannt hatte, war man auch darauf bedacht, diese Erfahrungen direkt der Landwirtschaft nutzbar zu machen und zwar in jenen Fällen, in welchen sich die Leguminosen wegen des Fehlens der N bakterien im Boden nur kümmerlich entwickeln Man braucht dann nur diesen Boden mit bakterienhaltigem zu bestreuen, um auch hier diese nützlichen Spaltpilze anzusiedeln und den Leguminosen die unentbehrlichen Genossen zu verschaffen. Ob ein Boden solche Bakterien führt, erkennt man daran, dass Leguminosen darauf sich gut entwickeln und dass sie an den Wurzeln die erwähnten Anschwellungen zeigen.

Aber die Beschaffung solcher bakterienführender Erde ist oft eine sehr schwierige Sache und ausserdem sind die Transportkosten sehr hoch. Man ging daher in ähnlicher Weise vor wie beispielsweise bei Bereitung des Impfstoffes gegen Blattern: Man stellte **Reinkulturen** der mit den Leguminosen in Symbiose lebenden Bakterien her und benützte diese Reinkulturen, die von Nobbe und Hiltner unter dem Namen Nitragin zum ersten Mal im Jahre 1889 hergestellt wurden, zur Impfung des Bodens oder Samens Seit dieser Zeit ist Hiltner, der gegenwärtig Direktor der im verflossenen Jahr erst gegründeten K. Agikulturbotanischen Anstalt zu München ist, ununterbrochen an der Verbesserung seines Verfahrens tätig gewesen und seit einigen Jahren sind mit Nitragin ganz staunenswerte Erfolge erzielt worden. Sie sehen hier z. B. einen Impfversuch mit Lupinen, bei welchem die ungeimpften Pflanzen eine Länge von 50 cm, die geimpften dagegen eine solche von 100 cm erreichten. Die photographische Aufnahme von anderen Versuchspflanzen zeigt diese Unterschiede besser als tote Zahlen, denn man ersieht aus den Bildern, dass die geimpften Pflanzen nicht nur länger, sondern auch viel üppiger entwickelt sind als die ungeimpften. Auch ich selbst habe in den verflossenen Jahren verschiedene Impfversuche durchgeführt und zwar alle ausnahmslos mit Erfolg. Den eklatantesten Erfolg hatte ich im vergangenen Jahr auf einem Versuchsfeld bei Hagelstadt mit Serradella: Während auf der

geimpften Parzelle die Versuchspflanzen sich ganz gut entwickelten. blieben sie auf der nichtgeimpften vollständig aus; der Ertrag war hier tatsächlich = 0. Die Bakterien waren, wie dies bei Seradella oft vorkommt, im Boden nicht vorhanden und daher konnten die Pflanzen auf dem ungeimpften, Narmen Boden nicht wachsen. Aber, wie die übrigen Impfversuche erwiesen, ist die Impfung nicht nur dort von Vorteil, wo diese Nbakterien überhaupt fehlen, sondern sie kann auch dort gute Dienste leisten, wo wohl diese Bakterien vorhanden sind, aber in zu geringer Zahl, um die nötige Menge Knöllchen zu bilden. Wird solcher Boden mit Nitragin geimpft, so versetzt man ihn dadurch mit einer ungeheuren Zahl lebenskräftiger Bakterien, die sich sehr rasch vermehren und nun eine kräftige Entwicklung der Pflanzen bewirken.

Mit Hilfe dieser kleinsten Lebewesen ist also der Landwirt nun tatsächlich in den Stand gesetzt einen Teil des bisher unausgenützten atmosphärischen N sich nutzbar zu machen, den N-vorrat seiner Wirtschaft durch zweckmässigen Anbau von Leguminosen zu vermehren und — was bei der augenblicklichen Lage der Landwirtschaft besonders wünschenswert erscheint, — die Kosten der Produktion durch Ersparnis an N-haltigem Dünger zu vermindern.

Die durch Impfung zu starker N-assimilation gebrachten Leguminosen und Kleepflanzen wandern nämlich in grünem oder dürrem Zustand als Futter in den Viehstall; der darin enthaltene N wird im Kot und Harn von den Tieren zum grössten Teil wieder ausgeschieden und der erzeugte Nreiche Dünger wird wieder auf das Feld gebracht, um nun zur Ernährung von solchen Pflanzen zu dienen, welche nicht die Fähigkeit besitzen N zu assimilieren (wie z. B. die Getreidepflanzen). Noch einfacher gestaltet sich der Kreislauf des N in der Landwirtschaft, wenn man die Leguminosen als sog. Gründüngung benützt, d. h., wenn man sie, nachdem sie sich üppig entwickelt haben, statt abzuernten einfach unterackert. Es kommt dann der ganze N, den diese Pflanzen assimilierten, der nachfolgenden Frucht zu gut. Durch richtige Fruchtfolge und besonders durch rechtzeitige Einschaltung von Leguminosen in dieselbe, ist also der Landwirt im Stande, den N vorrat

seines Bodens zu vermehren, ohne direkte Anwendung künstlicher Düngemittel. —

Damit bin ich am Ende meiner Ausführungen angelangt und indem ich Ihnen für die mir geschenkte Aufmerksamkeit bestens danke, hoffe ich, dass es mir gelungen ist, Ihr Interesse für die Ernährung unserer Kulturpflanzen in der Praxis gewonnen zu haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Regensburg

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s): Schüler

Artikel/Article: Die Ernährung der Pflanzen. 62-79