

Was ist H U M U S - wie entsteht er ?

Humusmangel und seine Folgen

Laßt vergehen, was vergeht!
Es vergeht, um wiederzukehren.
Es altert, um sich zu verjüngen.
Es trennt sich, um sich inniger
zu vereinen.
Es stirbt, um lebendig zu werden.

Friedrich Hölderlin

Was ist Humus, wie entsteht er?

Humus entsteht durch ein vielfach gekoppeltes Zusammenspiel anorganischer Umsetzungen, organischer Abläufe und Lebensprozesse der bodenbewohnenden Mikroben und Kleinlebewesen. Eine besondere Rolle bei der Humusbildung spielen dabei die Regenwürmer.

Die Humusbildung vollzieht sich in zwei Stufen. Zuerst erfolgt ein Abbau der organischen Substanz, auch der Bodenmineralien, also eine Auflösung der Stoffe; dann erst ein Aufbau zu ganz neuen Verbindungen, zu Humusvorstufen.

Die Humusbildung ist ein biologischer Vorgang.

Von der obersten Erdkruste sind meist nur 10-30 cm humushaltige Erde verfügbar und nur diese dünne Erdschicht dient dem Menschen zur Erhaltung des Lebens aus der er sich seine Nahrung beschafft. Von diesen 30 cm hängt das Schicksal der Menschheit ab!

Kulturböden mit 2 % Humusgehalt werden heute schon als gute Ackerböden angesehen. Wie verteilen sich aber die übrigen 98 Prozent? Je nach Bodenart entfallen etwa 8 % auf die Bodenorganismen, 5 % sind Reststoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprunges, ca. 15 % fallen als Luft und Bodenwasser an.

Übrig verbleiben - in diesem Falle - noch 70 % der Masse, die rein mineralischer Natur ist. Der mineralische Bodenanteil entsteht durch Zerfall, durch Erosion der Gesteine. Die "Auflösung" dieser Bestandteile des Bodens erfolgt durch sogenannte "Lithobionten" als Mittler zwischen Stein und Leben. FRANCE' prägte den Namen Lithobiont, das heißt soviel wie "Die auf dem Stein Lebenden".

Die Lithobionten sind jene Gruppe von Mikroben, mit denen die Humusbildung beginnt. Sie machen aus dem Mineral einen Lebensstoff, auf ihm bauen sich dann die Stufen von Erde, Pflanze, Tier und Mensch auf.

Nur Böden, deren Struktur und Garezustand optimal sind, können mit 8 - 10 % Humus als organische Substanz aufwarten.

Unberührte Urwaldböden bringen es bestensfalls auf 20 bis 30 %. Der tropische Urwald kann seine Abfälle nicht restlos aufbrauchen, er kann also Humus speichern. In allen Wäldern sammelt sich Humus an, aber wirkliche Humuslager entstehen erst im Verlauf von Jahrtausenden. Die Ukraine hatte einst derartige Humuslager aufzuweisen, als Tschernosjem ist uns diese Bodenart bekannt.

Die Besonderheit des Waldes besteht darin, daß er als einzige Pflanzengemeinschaft m e h r Humus produziert als er verbraucht. Alle übrigen Pflanzenvereine verbrauchen mehr Humus als sie herstellen können. Genauer ausgedrückt: Jede Ernte und jedes Wachstum von Kulturpflanzen ist mit einem Humusverlust verbunden. Durch keine Art von Mineraldünger kann dieser Humusverlust ersetzt werden. Er summiert sich von Jahr zu Jahr. Der Laubwald - auch der Mischwald - bewältigt die Humusproduktion einzig durch eine vollständige Ausnützung seines eigenen Laubfalls.

In der f r e i e n Natur, ohne Einwirkung des Menschen wird Humus nur noch im Laubwald und auf unberührten Flächen gebildet.

Humus ist in erster Linie auf den Stoffwechsel der Pflanzen und nicht der Tiere eingestellt. Deshalb kann auch Stallmist mit seinem großen Anteil tierischer Ausscheidungen der natürlichen Humusbildung nicht entsprechen. Stallmist muß erst humifiziert werden, ehe er zur Düngung verwendet wird. Warum? Die im Boden vorhandenen Mikroben sind hauptsächlich auf die Verrottung reiner Zellulose eingestellt, weniger auf die der tierischen Exkreme, die den Darm im anaeroben Zustand verlassen. Diese Tatsache haben leider ganze Generationen vor uns nicht erkannt. Stallmist wurde nicht der Rotte unterzogen, sondern üblicherweise im Acker "beerdigt".

In den Boden gebracht, bleiben die faulenden anaeroben Stoffe lange Zeit als "Fremdkörper" liegen. Die Fäulnisstoffe werden durch die arteigenen Lebewesen der Fäulnis abgebaut, während die bodeneigenen aeroben Lebewesen zurückgedrängt werden.

Die Frage, ob Anaerobier oder Aerobier, also Fäulnis oder Rotte vorherrschen, ist bereits entscheidend für die spätere Anfälligkeit oder Gesundheit der Kulturpflanzen.

Wie minimal eine Humusbildung im Boden durch Stallmist verläuft, läßt sich an folgendem Beispiel erkennen: Bei einer Stallmistgabe von 400 dz je ha (auf leichten Böden) ist nach einem halben Jahr nur noch die Hälfte, nach einem Jahr nur noch ein Fünftel und nach zwei Jahren praktisch nichts mehr zu finden. Die organische Masse wird im Boden von den Mikroorganismen sehr rasch aufgezehrt und ohne Humusbildung restlos veratmet, mineralisiert.

Die nur mit Stalldung versorgten Böden erleiden mit der Zeit eine Humusverarmung. In den vergangenen 200 Jahren ist hier zu Lande eine ausgesprochene Stallmistwirtschaft betrieben worden. Wir müßten demnach eines der humusreichsten Länder sein, das ist aber durchaus nicht der Fall. Stalldung ist nur ein Rest dessen, was dem Tier als Nahrung diente. Alle die hochwertigen Eiweiße, Kohlehydrate, Fette usw., die von den Pflanzen gebildet wurden, sind ihm entzogen. Die Ausscheidungen sind nährstoffarm.

Man kann Stallmist nicht gleichsetzen mit Humus! Und doch geht man von dieser Gepflogenheit nicht ab. Dazu ein Beispiel: Vor etlichen Jahren wollte ein namhafter Kinderarzt herausfinden, ob für Säuglinge und Kleinkinder die Qualität von Gemüse durch die Düngung beeinflusst wird. Soweit wäre das Vorhaben nur zu begrüßen gewesen. Aber was geschah?

Geprüft wurde der Einfluß der Düngung mit

a) Stallmist allein und b) Stallmist plus Mineraldünger.

Das Ergebnis ergab (kurz gefaßt):

Die nur mit Stallmist gedüngten Gemüsearten erwiesen sich nicht nur als unterlegen, sondern selbst als gefährlich für die Gesundheit, weil bei Kleinkindern eine hypochrome Anämie festgestellt wurde. Im Untersuchungsbericht über den Einfluß des Stalldüngers auf die Qualität des Gemüses schrieb man im Ärzteblatt aber von humusgedüngten Böden! Solche irreführenden Vorstellungen von Humus findet man auch heute noch fast überall. Offenbar hat man übersehen, daß Stallmist ein Fäulnisprodukt ist, in dem Stoffe wie Indol, Skatol, Putrescin und giftige Phenole vorkommen und damit die Qualität der Bodenprodukte ungünstig beeinflusst wird.

Die Frage: "Was ist HUMUS?", ist, wie wir noch sehen werden, garnicht so einfach zu beantworten. Ein Laie würde wahrscheinlich, wenn er danach gefragt würde, im Brockhaus nachschauen.

Dort findet er folgende Definition:

"Humus, schwarzbraune Masse in der oberen Bodenschicht, entstanden durch Verwesung pflanzlicher und tierischer Stoffe. Der Humus ist kohlenstoffreich, meist sauer durch den Gehalt an Huminsäuren. Er steigert die wasserfassende Kraft des Bodens und erzeugt mineralauflösende Kohlensäure".

Wenn auch diese Aussage sehr pauschal gehalten ist, so lassen sich doch schon wichtige Funktionen des Humus erkennen.

Heute wissen wir, wie pflanzliche Rückstände durch Verrottungsvorgänge bis in ihre letzten Bausteine, ihre letzten chemischen Bestandteile und Plasmareste abgebaut werden. Erst dann, nach völliger Auflösung der Stoffe bis zu den Elementen, wie Kohlenstoff, Stickstoff, Kali, Phosphor, Magnesium usw. beginnt ein neuer Aufbau und gestaltet sich zu dem, was wir mit dem Wort HUMUS bezeichnen. In neuerer Zeit ist der Nachweis gelungen, daß Pflanzen Endformen des Plasmas (also nicht völlig bis zu den Mineralionen abgebaute Stoffe) bis zu einem bestimmten Molekulargewicht aufnehmen können und in ihre eigene Substanz einbauen. Es kommt zu einem "Kreislauf der lebenden Substanz".

Humus kann man auch nicht als einen "Stoff" ansehen, Humus ist vielmehr als ein Vorgang zu betrachten, als eine "Formation", aufgebaut aus einer Summe unzähliger Faktoren, die im einzelnen einem stetigen Wandel unterliegen können.

Raoul FRANCE' (1874-1943) sagte dazu:

"Humus wird aus dem Leben vom Leben für das Leben geschaffen!"

GOETHE kannte die Naturgesetze, als er meinte:

"Der Tod ist der Kunstgriff der Natur, viel Leben zu schaffen."

Will man Humus definieren, so ist also auch der Faktor "lebende Substanz" mit in die Betrachtung einzubeziehen. Über allem Lebendigen waltet das Gesetz der *H a r m o n i e*, das stets ein Gesetz des Ausgleichs ist.

Nur zu gut sind wir uns über die Folgen im klaren, wenn die *H a r m o n i e* im Boden - als Voraussetzung für ein normales Bodenleben - gestört ist. Man könnte auch sagen: "Harmonie = Gleichgewicht durch intakte Regelsysteme im Boden".

HUMUS und BODEN unterliegen den Gesetzen des Lebendigen. Schade, daß die heutige Landwirtschaft nicht mehr danach handelt. Werden aber diese Gesetze mißachtet, so entstehen kranke Böden, gekennzeichnet durch Bodenmüdigkeit, Schädlingsbefall der Kulturpflanzen und Strukturveränderungen. Tote Böden führen in letzter Konsequenz zu Wüstenbildung.

Humus läßt sich chemisch mit den bis jetzt gebräuchlichen Methoden nicht vollständig analysieren. Eine Veraschung würde nichts über Struktur und Kapillarität des vorher bestehenden Humus aussagen. Auch über das Verhältnis der Organismen untereinander (Harmonie!) würde man nichts erfahren. Zu chemischen Untersuchungen müßten Säuren, Basen, Salze usw. verwendet werden. Diese zerstören aber das Leben und seine Funktionen.

Einen Schlüssel zur Bestimmung der Wertigkeit des Humus erhält man durch das Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis, wenn man also das Verhältnis zwischen C und N berechnet. Böden mit hoher Bodenfruchtbarkeit sollten ein enges C : N-Verhältnis von 10 : 1 aufweisen. Der Humusgehalt in Prozentzahlen wird nach dem Gehalt an Kohlenstoff (C), multipliziert mit dem Faktor 1,7 errechnet.

Interessanter sind dann schon biologische Untersuchungen, sie beziehen sich auf das lebende Milieu. Und will man sich von der Kleinlebewelt im Humus - FRANCE'prägte dafür den Namen "Edaphon" - einen Begriff machen, so müßte man auch die Lebensvorgänge der Symbiosen - der Lebensgemeinschaften - studieren, aber auch dann darf man nichts veraschen.

Funktion des Humus

Im Humus werden Stoffwechselprodukte von Kleintieren, Mikroben, Schimmelpilzen, Strahlenpilzen wirksam, wie Hormonstoffe, Vitamine, Aminosäuren, antibiotische Stoffe (z.B. Penicillin). Aufgrund dieser Eigenschaften der Mikroorganismen, antibiotische Stoffe zu bilden und den Boden zu entgiften, betrachten wir heute den Humus als ein "biologisches Filter" im Boden. Gewisse Vorstufen bei der Bildung von Humus üben eine Hormonwirkung im Boden aus und steuern den Kohlenstoff-Umsatz der Organismen. Dadurch übernimmt der Humus etwa die Aufgabe unserer Schilddrüse, wie SEKERA seiner Zeit berichtete.

Die Vitamine und Wirkstoffe des Bodens üben eine günstige Wirkung auf das Wachstum der Pflanzen aus, verbessern deren Qualität und machen sie vom Standpunkt der menschlichen Ernährung aus v o l l w e r t i g e r . Vor allem dann, wenn die Spurenelemente, die man auch als Hochleistungselemente bezeichnet, löslich werden und von den Pflanzen mitaufgenommen werden können.

In der Wissenschaft ist die Tatsache bekannt, daß die Spurenelemente ihre größte Wirkung, wenn nicht sogar die gesamte Wirkung, ausüben, wenn diese an komplexe (Komplex: vielfältig, zusammengesetzt) organische Moleküle gebunden sind. Daß dieser Vorgang funktioniert, wird den sogenannten "Chelaten" zugeschrieben. Die funktionelle Fähigkeit, Chelatbildner zu liefern, ist wiederum dem Humus eigen!

Chelate

Ein Chelat ist, um das kurz zu erläutern, eine Verbindung zwischen einem Metall-Ion und einem organischen Molekül. Chelatbildner führen den Pflanzen selbst keine Nährstoffe zu. Ihr Wert liegt vielmehr in ihrer Fähigkeit, unlösliche, anorganische Salze der Spurenelemente in eine für die Pflanzen leicht aufnehmbare Form umzuwandeln. Die Chelatbildung weist auf ein chemisches Geheimnis der Natur hin. Die Natur nutzt nämlich zur Erzeugung besserer Pflanzen die organische Masse verbunden mit den anorganischen Stoffen, also den Spurenelementen. Chelate ermöglichen es, daß kleine, hochaktive anorganische Elemente sich mit viel größeren organischen Molekülen verbinden. Durch diese Verbindung verbessert sich sowohl die Leistung der anorganischen Elemente, als auch die der größeren organischen Moleküle.

Spurenelemente, die in polymeren (polymer: zu größeren Molekülen vereinigt) Humusstoffen komplex gebunden sind, können von einer Pflanzenwurzel praktisch kaum noch aufgenommen werden. Dagegen sind Zellwände für n i e d e r - m o l e k u l a r e organisch chelierte (Chelatbildner) Schwermetalle durchaus noch passierbar.

Alle Organismen benötigen Spuren verschiedener Elemente. Falls diese in Form anorganischer Ionen vorliegen, können sie *n u r* aufgenommen werden, wenn sie auch löslich, d.h. pflanzenaufnehmbar sind.

Wenn aber organische Chelatoren vorliegen, die ein nicht allzu hohes Molekulargewicht haben, dann sind in einem gut gepflegten, humusreichen Boden *a l l e* Mikroelemente für die Pflanzen verfügbar. (TRENTEPOHL) Diese Aussage unterstreicht die Wichtigkeit und Funktion der Chelate in deutlicher Weise.

Der bekannte amerikanische Bodenkundler ALBRECHT erklärte: "Vielleicht werden die Menschen zu gegebener Zeit zu würdigen wissen, daß die Natur die organische Substanz des Bodens, den Humus-Ton-Komplex, benutzt, um die Qualität unserer Nahrungspflanzen zu verbessern".

Die alte Mineralstoff-Theorie, nach der die Pflanzen nur mineralische und keine organischen Stoffe aufnehmen können, konnte widerlegt werden. Mit Hilfe von Radio-Isotopen wurde nachgewiesen, daß Pflanzen organische Verbindungen aus dem Boden bis zu einem Molekulargewicht von 1 500 aufnehmen können.

Man kann ohne Übertreibung sagen, daß die lebende Humuszone, im Bereich der Rhizosphäre, der Wurzelzone, eine "Primitiv-Zone" lebenden Gewebes, eine Vereinigung mineralischer, organischer und lebender Substanz darstellt. In diesem Sinne sollte man, wie RUSCH sich ausdrückte, Humus nicht als einen Stoff, als Humusstoff, sondern als das primitivste Gewebe ansehen, ein Gewebe, von dem die Pflanze lebt.

Ton-Humus-Komplex

Auch mit diesen Aussagen ist die Definition über Humus noch nicht erschöpft. In diesem primitiven Gewebe, dem Humus, spielen nämlich die allerfeinsten Bodenteilchen, die Kolloide eine besondere Rolle. In diesem Bereich werden die verschiedensten Nährstoffe zusammen mit Tonmineralien durch Adsorptionsvorgänge gebunden. Dort laufen die Vorgänge ab, die wir als Ton-Humus-Komplex kennen. Wir sehen also, Humus ist nicht allein mit organischer Substanz gleichzusetzen. Ohne Mineralstoffe wäre eine echte Humusbildung nicht möglich. (s.a. Chelate)

Die Ton- und Humuskolloide besitzen die Fähigkeit, vor allem vermöge ihrer elektro-negativen Eigenschaften, die im Boden stets gegenwärtigen Basen an sich zu ziehen und festzuhalten, zu sorbieren. Ton und Humus werden deshalb zusammen auch als Sorptionskomplex bezeichnet.

Darüber hinaus hat Humus als Ton-Humus-Komplex, als lebende organische Bodensubstanz die Eigenschaft als puffernde Materie zu wirken, d.h. Nährstoffe werden nur nach Bedarf an die Pflanzen abgegeben, so daß eine Überdosierung nicht zu befürchten ist. Dagegen nehmen die Pflanzen auf humusarmen Böden bei einer Mineraldüngung viel mehr Nährstoffe auf, als sie zum normalen Aufbau ihrer Substanz brauchen. Die organische Düngung verhindert also weitgehend einen derartigen unnötigen Luxuskonsum. (Energieeinsparung!)

Wir können festhalten: Das, was man bisher mit Humus bezeichnete - unsere Vorväter meinten damit auch die "Alte Kraft" des Bodens - ist nach unseren heutigen Kenntnissen kein Stoff, sondern eine biologische Funktionsleistung. Und diese biologische Funktionsleistung Humus ist nun einmal typisch für die Muttererde, in dieser Form sind solche Leistungen nirgendwo anders zu finden.

Humus als Regulativ

Zu dieser Funktionsleistung gehört auch die entseuchende Wirkung eines hochlebendigen, humifizierenden Bodens. Humifizierung ist also ein Regulativ, das größte Regulativ, das die Natur kennt. Selbst die gefährlichsten Krankheitserreger sind im humifizierenden Boden (auch im Kompost!) nach wenigen Tagen nicht mehr nachweisbar.

Das frühere Institut für "Humuswirtschaft und Kompostierung" in Berlin (Leiter: Dr. Gustav ROHDE) konnte unter Mitwirkung namhafter Mediziner und Hygieniker nachweisen, daß die in eine Versuchs -Kompostmiete eingelegten hochgefährlichen Krankheitserreger, wie Milzbrand, Paratyphus, Tbc., Starrkrampf u.a., durch die biologischen Vorgänge während der Kompostierung abgetötet werden. Der Erfolg dieses damals gewagten Experimentes wurde ermöglicht nicht allein durch die hohen Temperaturen von 60-70 Grad C, sondern hauptsächlich durch die sich bildenden antibiotischen Stoffe während der Kompostierung. So konnte u.a. im Kompost reines Penicillin nachgewiesen werden. Selbst die harten Chitinhüllen der Ascariden, der Spulwurmeier, wurden in wenigen Tagen infolge wirksam werdender Fermente (Chitinase) zerstört, abgetötet.

Dieses eine markante Beispiel soll uns zeigen, wie weise doch die Natur vorgeht, Krankhaftes zu beseitigen. Wenn das nicht so wäre, dann wäre unser Planet Erde schon längst ein einziger stinkender Abfallhaufen und Seuchenherd!

Vor gut 150 Jahren (1757-1828) lebte Albrecht von THAER, der Begründer der Landwirtschaftswissenschaft. Er war eigentlich Arzt, heute möchte ich sagen der "1. Bodenarzt". THAER wurde bekannt durch seine Humustheorie.

Er beschrieb damals Humus als biologisch-funktionelle Leistung des Mutterbodens, als etwas GANZES. Als 50 Jahre später Justus von LIEBIG (1803-1873) mit der Mineralstoff-Theorie auftrat, begann man, den ganzheitlichen Humusbegriff auseinander zu pflücken, es entstanden Einzelbegriffe wie Kernnährstoffe, Huminstoffe, Spurenelemente, Tonkristalle, Krümelstruktur u.v.a. Mit anderen Worten: Man ging vom Ganzheitsdenken ab und spezialisierte sich auf Einzelgebiete, genau wie später in der Humanmedizin.

Wenden wir uns nun praktischen Fragen zu. Wir dürfen den Bodenhumus nicht allein darstellen, sondern müssen auch die Pflanze - vornehmlich die Pflanzenwurzel - in unsere Betrachtung mit einbeziehen. Wir dürfen nicht den Fehler begehen, nur einzelne Vorgänge zu sehen, sondern müssen immer von der GANZHEIT ausgehen. Wir können nicht den Boden für sich und die Pflanze für sich betrachten. Wir werden erkennen müssen, daß das GANZE stets mehr ist, als die Summe der einzelnen Teile! Jedes Lebewesen muß sich so verhalten, daß es dem GANZEN nützt, auch der lebendige Organismus Boden-Muttererde. Ökologisch bildet der Boden erst mit dem Pflanzenkleid zusammen eine Ganzheit. Leider wird der Boden oft nur zum unwichtigen Pflanzenstandort degradiert.

Wir haben gehört, daß organische Stoffe durch die Kleinlebewesen abgebaut und zu neuen Stoffen umgewandelt werden. Das gilt sowohl für die Kompostierung in Komposthaufen, als auch bei der Bodenbedeckung. Im Komposthaufen wird bei richtiger Steuerung der Rotte fertiger Kompost, d.h. Reifkompost mit stabilen Humusverbindungen als fertige Pflanzennahrung erzeugt.

Abbau-Flora und Wurzel-Flora

Bei der Bodenbedeckung (Flächenkompostierung) müssen wir zwischen einer Abbauf flora und einer Wurzelflora, die völlig unterschiedliche Funktionen haben, unterscheiden. Die Abbauf flora, besiedelt mit Abbau-Mikroben, ist n u r zum abbauen da und ist in der obersten Bodenschicht tätig. Diese Abbauf flora frißt praktisch alles auf. Nur einen Nachteil hat diese Zone der Abbau-Mikroben, sie ist ver gänglich und kann nur erhalten bleiben, wenn der Boden ständig mit organischen Stoffen bedeckt, also das Boden-leben gefüttert wird.

Wurzel-Flora in der Rhizosphäre

Anders in der tieferen Schicht, in der die Pflanzen-wurzeln leben. Diese Flora - die Wurzel-Flora - wird auch als Rhizosphären-Flora bezeichnet. (Rhizos = Wurzel) Die Wurzelzonen-Flora, meist Bakterien, ist direkt von der Pflanze abhängig, sie kann nur leben, wenn sie mit der Pflanzenwurzel tätig zusammen wirkt. Wir nennen dieses Zusammenleben "Symbiose", die dort tätigen Bakterien "Symbionten".

Diese Wurzel-Flora ist gewissermaßen eine "Spezial-Flora", die mit den feinsten Wurzelhaaren in Lebensgemeinschaft, in Symbiose, lebt. Sobald die Pflanze grün wird, also Chlorophyll bildet, erst dann entwickeln sich die Organis-men dieser Wurzelzonen-Flora. Man kann sie analog ver-gleichen mit der tierischen Dickdarmflora, denn diese Bakterien, vorwiegend Milchsäurebakterien, erfüllen, wie entdeckt wurde, gleichartige Aufgaben.

Diese Wurzelzone, in der sich das schnellwüchsige, feine System, der Wurzelhaare entwickelt, ist das Aufnahmeorgan der Pflanze. Es ist vergleichbar mit den Darmzotten des tierischen Verdauungsapparates. So verstehen wir jetzt auch, weshalb grobe unverdaute Stoffe, etwa Stallmist, unreifer Kompost, wenn diese untergepflügt oder eingegraben werden, nicht in diese Zone gehören. Dorthin gehört reifer Kompost! Wir Menschen verschlucken ja auch nicht unzerkaute, große Stücke, das könnte Magen und Darm garnicht verkraften.

ARISTOTELES hatte völlig recht, als er meinte:
"Der Boden ist der Magen der Pflanzen!"

Parallelen

Darüber sollten wir einmal nachdenken und es ist auch garnicht so abwegig: Zu den Funktionen im Organismus BODEN/HUMUS Parallelen zu ziehen mit den Funktionen der inneren Organe von Mensch und Tier:

- ..Der Mensch atmet durch die Lunge und die Poren der Haut. Auch im Boden findet ein Austausch von Luft statt. Dazu dient das sogenannte Porenvolumen (Hohlräume) eines garen Bodens. Es beträgt in der oberen Schicht etwa 50 Prozent, d.h. im Idealfall zur Hälfte Luft, zur anderen Hälfte Wasser, das an die Krümelhohlräume gebunden ist.
- ..Die Wasserführung im Boden läßt sich mit dem Blutkreislauf vergleichen; mit dem Wasser werden die Nährstoffe über das feine Haarwurzelsystem von der Pflanze aufgenommen.

- ..Bestimmte Milchsäurebakterien besiedeln die Rachen- und Darmschleimhäute; die gleichen Arten sind im Boden im Wurzelgebiet, in der Rhizosphäre der Pflanzen zu finden.
- ..Niere und Leber dienen der Entgiftung unserer Körpersäfte, sie wirken wie ein Filter. Eine ähnliche Funktion hat im Boden der Humus. Seine Mikroorganismen sind in der Lage, antibiotische Stoffe zu bilden und den Boden zu entgiften. Man betrachtet heute den Humus als ein "biologisches Filter" im Boden.
- ..Die menschliche Darmflora entspricht der Wurzelzonenflora.
- ..Die Darmzotten in unserem Verdauungsapparat sind wiederum vergleichbar mit dem feinen System der Wurzelhaare, dem Aufnahmeorgan der Pflanze.
- ..Gewisse Vorstufen bei der Bildung von Humus üben eine Hormonwirkung im Boden aus und steuern den Kohlenstoff-Umsatz der Organismen. Dadurch übernimmt der Humus im Boden etwa die Aufgabe unserer Schilddrüse. (SEKERA)
- ..In den Zellen und Verdauungsorganen des Körpers spielen vielerlei Fermentsysteme eine wichtige Rolle. Auch im belebten Boden gibt es ähnliche einflußreiche Fermentgruppen.

Wir können überzeugt sein:

Die in einem gesunden, belebten Boden erzeugten Eiweißstoffe, Wirkstoffe, Fermente, Vitamine sind auch noch wirksam über die Bodenprodukte, wie Gemüse, Kartoffeln, Kräuter usw.

Und so schließt sich die schicksalhafte Kette:

BODEN - PFLANZE - TIER - MENSCH .

Wurzelhaare

Befassen wir uns noch etwas mit der Wurzelzone. Wir sollten wissen, daß in diesem Bereich, in dem die feinen Wurzelhaare in Symbiose mit Mikroorganismen leben, die Nahrungsaufnahme der Pflanzen stattfindet und daß diese Zone nicht gestört werden darf! Durch das übliche Umgraben im Garten oder tiefe Pflügen des Ackers wird die natürliche Bodenschicht umgedreht und so zwingt man die Pflanze, in einem falschen Milieu zu wurzeln, nämlich im Bereich der "Abbau-Flora"! Von sich aus würde die Pflanze diese Schicht peinlich meiden.

Wir alle haben, so glaube ich, das System der Wurzelhaare, die Funktion der Wurzelhaare, nie richtig erkannt und beurteilt. Es handelt sich nicht um die sichtbaren Würzelchen, sondern um ein fast mikroskopisch feines System von Nährwurzeln, die schon nach kurzer Zeit eingehen und immer wieder neu gebildet werden. So schiebt sich die Pflanzenwurzel unter ständiger Bildung neuer Wurzelhaare auf der Suche nach Nährstoffen und Wasser im Boden vorwärts. Um sich einen Begriff davon zu machen:

Die wirksame Oberfläche der Wurzelhaare je qm in einer Krumentiefe von 30 cm ist auf 80 qm für die Hülsenfrüchte, auf sogar 100 qm für die Getreidearten geschätzt worden.

Die Wurzelhaare umwachsen und umklammern Bodenkrümel, wir sagen hierzu "Lebendverbauung" der Krümelstruktur, umwachsen winzige Mineralteilchen und greifen diese mit den an der Oberfläche der Wurzelhaare lebenden Mikroben durch organische Säuren an.

Man hat errechnet, daß die Gesamtmasse der Mikrobenwelt sich 2 bis 3 mal im Monat vollständig regeneriert, also erneuert. Dieses gewaltige lebende System leistet eine ungeahnte Arbeit.

Vom Humus lebt nicht nur die Pflanze, sondern auch die Gesundheit von Tier und Mensch ist davon abhängig. Humus ist - anders ausgedrückt - ein Kapital, vielleicht das kostbarste auf unserem Planeten, das pfleglich zu behandeln und zu schützen unsere vornehmste Aufgabe sein sollte!

Wird dieses Kapital verwirtschaftet, treten schwerwiegende Störungen im Naturhaushalt ein.

Um das Bild vom Humus abzurunden, soll abschließend von den Folgen berichtet werden, die bei Humusmangel eintreten.

Humusmangel und seine Folgen

Erinnern wir uns: 1965 wurde auf der Bodensee-Insel Mainau "Die Grüne Charta der Mainau" verkündet. Sie wurde leider zu schnell wieder vergessen. Der Kernsatz dieser Denkschrift lautete:

"Die Grundlagen unseres Lebens sind in Gefahr geraten!"

Wer die Bedeutung und Funktion des Bodenhumus in seiner ganzen Tragweite erkennt und richtig einschätzt, wird wissen, daß auch der Bodenhumus zu den Grundlagen unseres Lebens zu rechnen ist.

In Fachkreisen ist man sich darüber einig, daß unsere Ackerböden in den letzten 100 Jahren humusärmer geworden sind. Albrecht THAER beschreibt z.B. in seinem Werk "Grundsätze der rationellen Landwirtschaft" schwarze Tonböden mit einem Humusgehalt von 6,5 - 8,4 % als beste Böden im damaligen Preußen. Für lehmige Sandböden gibt er 2 % Humus an. Die reichen Weizenböden der Mark Brandenburg auf Grundmoräne enthielten vor 150 Jahren noch 4 % Humus, neben 36 % kohlensauren Kalk.

Heute enthalten die besten Schwarzerden in Mitteldeutschland bestensfalls 2 % Humus, meist noch weniger und in der Regel nur noch Spuren von kohlensaurem Kalk. Unsere lehmigen Sandböden sind bis in große Tiefen meist völlig entkalkt und haben einen Humusgehalt, der selten höher als 1 % ist! Solche Böden sind krank, kraftlos, absterbend oder bereits tot. Diese Böden sind durch den geringen Humusspiegel abschwemmbar geworden und außerdem der Winderosion ausgesetzt.

In der Geschichte gibt es genug warnende Beispiele einer vernachlässigten Bodenpflege. Die amerikanischen Farmer haben z.B. in den letzten 70 Jahren durch falsche Bodenkulturverfahren ebenso viel Humus, d.h. Bodenfruchtbarkeit zerstört, wie sich vorher in 5 000 Jahren in der freien Natur gebildet hat. Unvergessen ist das Jahr 1934, das in die Geschichte der amerikanischen Landwirtschaft eingegangen ist. 300 Millionen Tonnen Humusboden wurden bis zu einer Tiefe von 18 cm zum Teil 3 000 Kilometer weit in den Atlantik geweht. Auch in der UdSSR wurden Millionen Hektar durch Erosion vernichtet. In der Ukraine wurden schwarze Staubstürme gemeldet, die tagelang die Sonne verfinsterten. In Schweden wehten im Februar 1947 Oststürme Humuserde oft 10 cm tief ab und trugen sie bis nach Dänemark.

Auch in Deutschland gibt es genug Beispiele von der Zerstörung der Bodenfruchtbarkeit durch Vernachlässigung der Humuspflege. In Niedersachsen leiden mehr als 70 000 ha unter Windverwehung. Die Bodenverwehung in den leichten diluvialen Sandböden Norddeutschlands sind beträchtlich, nach amtlichen Angaben sind Ertragsminderungen von 10-20 % keine Seltenheit.

Humusmangel im Boden löst aber eine gefährliche Kettenreaktion aus, deren Tragweite noch viel zu wenig Beachtung geschenkt wird. Humusmangel verhindert weitgehend die mikrobielle Lebendverbauung der Bodenteilchen, was wiederum zur gefürchteten Bodenerosion führt. Mit dem Absinken des Humusspiegels werden die Böden strukturlos, so daß mit den Niederschlägen nicht nur die feinsten Bodenteilchen, die Kolloide, sondern auch ein Teil der teuren Düngesalze ausgeschwemmt wird und nutzlos im Grundwasser verschwindet. Die Gefahr, daß das Grundwasser mit Düngestoffen angereichert wird, ist nicht gering. Gelangen Nitrate in die Seen, kann es zur Eutrophierung, dem wuchernden Wachstum von Algen und Wasserpflanzen, führen und bringt ernste Nachteile für die Wasserwirtschaft und Fischerei.

Vom Frankenland weiß man, daß es einst ein blühendes, fruchtbares Land war, dessen Wasserwirtschaft auf hoher Stufe stand. Die Stauweiher sind untergegangen, an der Stelle der reichen Laubwälder um Nürnberg stehen heute armselige Kiefernforste.

Als F o l g e n von Humusmangel im Boden ist zusammenfassend festzuhalten:

- ..Strukturverfall der Ackerböden
- ..Verlust der Bodengare, der Krümelstruktur
- ..Pflugsohlenverdichtungen
- ..Erosionserscheinungen durch Wind, Wasser, Eis
- ..Schwinden des Wasserhaltevermögens
- ..in sehr leichten Böden Verlust der Benetzungsfähigkeit
- ..Verminderung des Bodenlebens
- ..Festlegung der Phosphorsäure/Düngerinaktivität
- ..Hemmung des Gasaustausches (O_2 und CO_2)

- ..Abnahme der Sorption
- ..Gefahr der Verunreinigung des Grundwassers
- ..Eutrophierung der stehenden Gewässer
- ..Verluste an Nährstoffen, auch an Spurenelementen durch Abschwemmung und Versickerung
- ..Gefahr der Bodenverkrustung, Verstaubung
- ..Fortlaufende Zunahme des Schädlings- und Krankheitsbefalls
- ..steigender Mineraldünger-Bedarf
- ..Sortenabbau, dadurch Zwang, häufig Saatgut zu wechseln
- ..Abnahme des Pufferungsvermögens, das führt zu "Luxuskonsum" in der Pflanzenernährung
- ..zunehmender Aufwand für die Nutztiere (Krankheit, Unfruchtbarkeit)
- ..erhöhte Aufwendungen an Arbeit und Betriebsmitteln für die Erstellung einer Ernte, gegenüber einem humusreichen Boden, damit E n e r g i e v e r s c h w e n d u n g !

Ursachen des Humusmangels

Wenn bei uns heute über zunehmenden Humusmangel der landwirtschaftlichen Böden geklagt wird, so müssen dieser Entwicklung auch bestimmte Ursachen zugrunde liegen. Wir müssen zugeben, daß sich die landwirtschaftliche Betriebsweise nach 1950 grundlegend gewandelt hat.

Zu den Ursachen des Humusmangels gehören u.a.:

Zunahme der ohne Rindvieh und damit ohne Futterbau wirtschaftenden Betriebe von 20 % auf 37-40 %. (1950-1975) Stallmist, einst die "Goldgrube" des Landwirtes, wurde Abfall, den man beseitigen muß!

Zunahme der Getreideanbaufläche von 55 % auf 70 % der Ackerfläche. (1960-1972)

Damit verbunden

einseitiger Anbau von Verkaufsfrüchten und Vernachlässigung von humusmehrenden Fruchtfolgen, insbesondere von Leguminosen und Futterbau.

überhöhter Mineraldüngeraufwand unter Mißachtung der Humuspflege. Die Ertragssteigerung wurde zwar um 50 % angehoben, aber mit einem Mehr an Düngeraufwand von 350 % und Biozidaufwand von 1 350 % erkaufte!
(1950-1980)

Strukturveränderungen im Boden durch Nachlässigkeiten in der Bodenbearbeitung. (Bodenverdichtungen!)

Böden mit Verdichtungszone - sie können mit Hilfe der Spatendiagnose leicht an Ort und Stelle festgestellt werden - neigen stark zur Verschlammung. Diese Böden leiden gewöhnlich unter Staunässe, die Pflanzenwurzeln biegen an solchen Verdichtungsplatten ab, die Pflanze wird in ihrer Entwicklung stark gehemmt. In solchen Böden geht die Bodengare und die Krümelstruktur schnell verloren, sie sind der Winderosion besonders ausgesetzt.

In letzter Zeit wird dem tiefwendenden Pflug die Schuld gegeben, den Boden übermäßig zu lüften und zu wenden. Auf diese ungünstige Nebenwirkung der Bodenbearbeitung durch den Pflug hat schon Albrecht THAER aufmerksam gemacht. In neuerer Zeit wird mit Erfolg die alte Pflugtechnik durch Bodenlockerung ohne tiefes Wenden ersetzt. (System WEICHEL, Heinigen)

Die allgemeine Auffassung, das Humusproblem sei allein Angelegenheit der Landwirtschaft, ist kurzsichtig und falsch! Ökologisch und ganzheitlich betrachtet, sollte die Humuswirtschaft unserer Böden zum wasserwirtschaftlichen Denken gehören. In letzter Konsequenz müßte sogar die Humuswirtschaft ein Sektor der Weltwirtschaft sein.

Die Bodenmüdigkeit, von der so viel die Rede ist, ist ein deutlicher Vorläufer des Humusschwundes; und Humusschwund wiederum ist ein warnendes Zeichen für beginnende Erosion. Hinter der Erosion lauert die Wüste. Fürwahr ein Teufelskreis!

Und überall dort, wo der Wald (damit auch der Humus) stirbt, folgt das Absinken des Grundwasserhorizontes, dem folgt ein Nachlassen der Niederschläge. Der Wald hatte für die Gesundheit des Wasserkreislaufes und für die Klimastetigkeit gesorgt.

Die Geschichte mit ihren Kriegen um fruchtbare Gebiete als Lebensraum für die Völker hat immer wieder gezeigt, daß der Humus unserer Erde kein unerschöpflicher Schatz ist.

Eingangs wurde der Satz zitiert, der in der "Grünen Charta der Mainau" steht:

"Die Grundlagen unseres Lebens sind in Gefahr geraten",
wir können hinzufügen:

"Das Schicksal, das wir dem Boden bereiten, ist auch
unser Schicksal"!



2. Teil

Der STICKSTOFF (N_2) - woher kommt er?

Die Bedeutung des atmosphärischen Stickstoffs

Der Stickstoff (N) - woher kommt er?
Die Bedeutung des atmosphärischen Stickstoffs.

Als ich gebeten wurde, über Stickstoff zu sprechen, war mir sofort klar, daß ein Thema gewählt wurde, daß in unseren Tagen hochaktuell ist, nämlich nicht nur im Hinblick auf den biologischen Landbau, sondern auch in Bezug auf die ständig steigenden Kosten für den synthetischen Stickstoffdünger und dem damit verbundenen Energieaufwand.

Ich möchte vorausschicken, daß im ökologisch-organischen Landbau, vertreten durch die beiden Richtungen: Organisch-biologisch nach MÜLLER/RUSCH und biologisch-dynamisch nach Rudolf STEINER keine wasserlöslichen Düngesalze, auch keine technisch hergestellten Stickstoffdünger verwandt werden.

Die Gründe, warum der synthetische Stickstoff abgelehnt wird, sind sehr vielschichtig und reichen bis in die Human- und Tiermedizin hinein, sind aber auch für den Verbraucher von großer Wichtigkeit.

Bekanntlich ist zu unterscheiden zwischen dem technisch-synthetischen Stickstoff in den handelsüblichen Stickstoffdüngern und dem Stickstoff, wie die Natur ihn anbietet. Um diese beiden Formen und deren Anwendung wird gegenwärtig in Wissenschaft und Praxis das "Für" und "Wider" lebhaft diskutiert. Wir wollen uns heute speziell mit dem "biologischen Stickstoff" befassen.

Nur ein paar Beispiele sollen zeigen, weshalb im biologischen Landbau den natürlichen Stickstoffdüngern der Vorzug gegeben wird.

Hören wir, was der damalige Direktor der Bundesanstalt für Qualitätsforschung in Geisenheim, Prof. SCHUPHAN an Untersuchungsergebnissen bekannt gab:

"Überhöhte Stickstoffdünger - Nitrate - rufen große Anfälligkeit unserer Nahrungspflanzen zu Krankheits- und Schädlingsbefall hervor. Der hohe Stickstoffanteil vermindert die für die Gesundheit der Menschen lebenswichtigen Vitamine und Mineralstoffe der Pflanze"!

Bei organischer statt chemischer Düngung hätten sich mehr ergeben: Bei Getreide 23 % mehr Gehalt an Nährstoffen, 18 % mehr Eiweiß, 28 % mehr Vitamin C, 18 % mehr Kalium und 77 % mehr Eisen! Aber: 12 % weniger unerwünschtes Natrium, Freiheit von Nitrat. Dazu Überlegenheit in allen Geschmacksproben!

Prof. SCHUPHAN hatte zu Lebzeiten oft hingewiesen, daß in den letzten Jahren bei Säuglingen wiederholt Vergiftungserscheinungen (Blausucht) z.T. in lebensbedrohlichem Ausmaß festgestellt wurden, hervorgerufen durch zu hohe Nitritmengen z.B. im Spinat und Kohlrabi.

Im Fernsehen (ARD) wurde am 3. Juni 1980 berichtet, daß für Intensivkulturen Stickstoff mittels Preßluft (!) in den Boden gepumpt wird. 340 kg rein-N je ha, d.s. 17 dt eines 20 %-igen Stickstoffdüngers, wurden angegeben. Aber mit Besorgnis stellte man später im Grundwasser (Trinkwasser) einen viel zu hohen Nitratgehalt von 180 mg/Ltr. fest, obwohl in der Bundesrepublik die oberste Grenze von 90 mg/Ltr. nicht überschritten werden soll! In der EG werden nur 50 mg Nitratgehalt je Ltr. als oberste Grenze toleriert.

Eine Schweizer Milchkonferenz beschäftigte sich damit, daß die mineralische N-Düngung unerfreuliche Folgen für die Milch und die Käseproduktion hat.

Andere Beispiele ließen sich in endloser Folge anführen.

Genau vor 30 Jahren hielt der in Fachkreisen hochgeschätzte Prof.Dr. ROEMER in Halle einen Vortrag über "Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit". Er sagte damals u.a., ich zitiere:

"In den Kreisen der Bodenkundler mehren sich die Stimmen, daß die jahrzehnte lang fortgesetzte Mineraldüngung die natürliche Bodenfruchtbarkeit schädige".

Er führte weiter aus: "Mit den Mineraldüngern werden Ballaststoffe dem Boden zugeführt, Substanzen, die nicht als Pflanzennährstoffe verwertet werden können. Diese Ballaststoffe machen mengenmäßig m e h r aus als die Nährstoffe, die in den Düngemitteln dem Boden einverleibt werden, sie summieren sich von Jahr zu Jahr. Es sind überwiegend Säure-Reste". Zitatende.-

An nur einem Beispiel soll dies veranschaulicht werden. Nach der Düngungsempfehlung des Fachverbandes der Stickstoffindustrie werden zur Erzeugung von 80 dz Körnermais empfohlen: je Hektar:

200 kg rein-N	= 10 dt Stickstoff-Düngemittel,	
	darin Ballaststoffe	: 800 kg
160 kg P_2O_5	= 9 dt Superphosphat,	
	darin Ballaststoffe	: 730 kg
200 kg K_2O	= 5 dt Kalisalz,	
	darin Ballaststoffe	: 300 kg

Also zusammen 560 kg Rein-Nährstoffe, die in 24 dt oder 2400 kg Düngemittel enthalten sind. Jedoch an Ballaststoffen, vornehmlich Säureresten als Schwefelsäure- und Chlor-Reste werden dem Boden 1800 kg zugeführt, gegenüber 560 kg an Dünge-nährstoffen.

Soviel gilt als sicher: Das biologische Gleichgewicht im Boden, das vom Bodenleben, der Bodengare, den Bodenkolloiden, dem Regelsystem geprägt wird, wird durch die Zufuhr der enorm hohen Mengen von Ballast- und Säureresten empfindlich gestört. Insbesondere die Feinstoffe "Kolloide", die für die Sorption von Nährstoffen und Wasser verantwortlich sind, werden ungünstig verändert!

Der Düngerverbrauch in der Bundesrepublik soll in den nächsten 7 Jahren um 100 % ansteigen. Allein beim Stickstoff auf 400 kg rein-N/ha.

Wie wirkt sich so ein Überangebot aus?

Die Pflanze muß ein Übermaß an Stickstoff-Salzen aufnehmen und versucht, die hohe Salzkonzentration zu verdünnen, sie nimmt Wasser auf, sie schießt in die Grünmasse, das Gewebe wird wässrig, aufgequollen. Dieses überschüssige Wasser wird als Ware verkauft. Falsch ernährte Pflanzen sind krank, sind anfällig für Krankheitserreger und Schädlinge, das kann bis zur völligen Vernichtung gehen.

Es stimmt schon: "Landwirtschaft und Chemie sind eine Ehe eingegangen, die immer unheimlicher wird!" (Fernsehbericht)

Bekanntlich werden im Boden die Nährstoffe Kali, Phosphor, Kalzium durch Verwitterungsvorgänge aus Gesteinen freigesetzt. Der Stickstoff dagegen nimmt eine Sonderstellung ein. Weshalb? Weil er das höchst komplizierte Chlorophyll-Molekül beeinflusst und Hauptbestandteil des Eiweißes und auch der Vitamine und Fermente ist.

Es ist doch so:

Die lebende Zelle baut aus dem Stickstoff das Eiweiß. Im Organismus des Menschen, des Tieres, der Pflanzen ist das Protoplasma als Eiweißkörper Träger aller Lebenserscheinungen.

Das "grüne Blut" der Pflanzen, das Chlorophyll, wird von Eiweiß gebildet. Erlischt das Leben, zerfällt das Eiweiß wieder in die Stoffe des Anfangs. Und aus diesen Stoffen tritt der Stickstoff, um im neu beginnenden Kreislauf neues Eiweiß zu bilden.

Die organisch-biologische Landwirtschaft lehnt also den synthetischen Stickstoff ab und verwendet dafür biologisch gebundenen Stickstoff, wie er in den organischen Düngemitteln Hornmehl, Knochen-, Blutmehl usw. vorkommt. Chemisch gesehen, handelt es sich bei der rein organischen Düngung zwar auch um eine Mineraldüngung, nur mit dem großen Unterschied, daß die Mineralauswahl aus bereits einmal abgelaufenen Lebensvorgängen stammt und im Bodenleben verarbeitet ist. **D i e s** ist der große Unterschied zwischen Mineraldünger und organischem Dünger!

Der biologische Landbau verabfolgt organische Dünger in schwerlöslichen Formen. Die Dünger müssen erst durch die Bodenorganismen in pflanzenaufnehmbare Form umgewandelt werden. **H i e r** liegt der grundlegende Unterschied zwischen konventionellem und biologischem Düngen! Wir müssen also das Bodenleben zwischen Dünger und Pflanze schalten. Die Pflanze düngen zu wollen, ist zwar eine alte, aber falsche Vorstellung. Die Bodenlebewesen müssen gefüttert werden. "Düngen heißt demnach: Den Boden beleben!"

Soviel vorerst zur Einführung.

Gehen wir nun der Reihe nach vor:

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts gelang dem Franzosen LAVOISIER aus der Luft den Sauerstoff zu entziehen, er nannte den übriggebliebenen Gasrest, der alles erstickte und mit dem man damals noch nicht viel anzufangen wußte, nach seinen negativen Eigenschaften "lebloses Gas" oder "Azot", später Stickstoff.

Warum Azot? Das Wort Azot wurde von dem griechischen Wort zoo, ich lebe, abgeleitet. Davor setzte man die Vorsilbe "a" als Negation, also azoo, ich lebe nicht, leblos. Im Sprachgebrauch begegnet uns die Wortsilbe Azot z.B. als Azotobakter, d.s. stickstoffbindende Bakterien oder als Azotogen, d.i. ein Impfstoff für Leguminosen.

Wenn wir die Bedeutung des atmosphärischen Stickstoffs richtig einschätzen wollen, so sollen nur zwei Zahlen dies verdeutlichen: Nach Angaben des Bundesministeriums für Forschung und Technik werden jährlich weltweit etwa 40 Mio Tonnen Stickstoff industriell erzeugt und rund 200 Mio t Stickstoff biologisch durch Kleinlebewesen gebunden. Viele Autoren vertreten die Ansicht, daß vom Stickstoff der gesamten Erdvegetation nur ein verschwindender Bruchteil Erzeugnis der chemischen Industrie sei. Manche Chemiker - und nicht nur diese - übersehen offenbar diese Tatsache und glauben, daß durch die industrielle Ammoniak-Synthese das Stickstoffproblem zu lösen sei.

Der Stickstoff nimmt weder an der Atmung noch an der Verbrennung teil. Das chemische Zeichen für das Element Stickstoff ist ein "N", für Nitrogenium. Stickstoff ist aber kein mineralisches, wohl aber ein anorganisches Element. Das ist ein kleiner Unterschied, denn Stickstoff ist kein fester Körper wie die als Mineralien bezeichneten Stoffe, sondern ein G a s !

Stickstoff ist also niemals ein Mineraldünger, wie er oft fälschlicherweise bezeichnet wird. Beim Stickstoff gibt es einen Kreislauf mit gasförmiger Phase, bei Phosphor, Kali usw. dagegen nicht.

Der Stickstoff ist als Gas praktisch unbegrenzt und in konstanter Menge vorhanden.

Die Schwierigkeit besteht darin, den richtigen Weg für die geeignete Überführung des molekularen Gases in die organische Bindung des Bodens zu finden. In gasförmiger Form ist der Stickstoff sehr reaktionsträge, er wurde ehemals, wie erwähnt, als lebloses Gas, als Azot bezeichnet.

Gelangt der Stickstoff aber als Nährstoff, also gebunden, in den Boden, dann ist er sehr mobil, nämlich dann, wenn er durch die Tätigkeit der Mikroorganismen aus der festen Bindung in Ammoniak oder Nitrat überführt wird. Dann unterliegt er, wenn er nicht an Tonminerale (!) gebunden ist, leicht der Auswaschung oder sogar der Verflüchtigung.

In der Natur sind nur zwei Fälle der Stickstoffbindung bekannt, nämlich durch die elektrische Entladung bei Gewitter und durch die biologische Bindung durch Mikroorganismen.

..Ohne Stickstoff kann die Synthese der Eiweiß-Stoffe nicht stattfinden und

..ohne Eiweiß-Stoffe aber kann kein Protoplasma in den lebenden Zellen aufgebaut werden.

Ein bekannter Mikrobiologe prägte einmal den Satz:
"Der Stickstoff ist vom allgemein biologischen Standpunkt aus wertvoller als die seltensten Edelmetalle!"

Der f r e i e Stickstoff befindet sich zu etwa vier Fünftel (rd. 78 %) in der Lufthülle der Erde. Man hat errechnet, daß in der Lufthülle über jedem Quadratmeter Erdoberfläche etwa 8 t Stickstoff enthalten sind. Die Lufthülle über jedem Hektar Boden enthält also etwa 80 000 t Stickstoff, eine Menge, mit der die Stickstoffernährung der Pflanzen auf mehr als eine Million Jahre sichergestellt wäre.

Trotzdem leiden die Pflanzen am meisten unter Stickstoffmangel, weil sie nicht fähig sind, den molekularen oder freien Stickstoff der Luft unmittelbar zu verwerten.

Zwei Wege der Stickstoffbindung sind möglich:

1. Der natürliche Weg: Er beginnt in den Zellen einiger Mikroorganismen und ist energiesparend.
2. Der chemisch-technische Weg: Über die Ammoniak-Synthese (Haber-Bosch-Verfahren) in der chemischen Industrie, dieser Weg ist energieaufwendig!

Was die Technik im Haber-Bosch-Verfahren unter gewaltigen Anstrengungen, hohen Drücken und Temperaturen und hohem Energieaufwand in riesigen Apparaturen fertig bekam, die Pflanze macht es seit jeher so nebenbei und kostenlos.

Am größten ist der Energieaufwand für die Herstellung von Stickstoffdüngern. Die Erzeugung z.B. einer Tonne Kalkstickstoff erfordert 1,1 t Schweröl plus 1100 kWh elektrischen Strom. Bemerkenswert ist: Die Atomindustrie versucht schon heute, den Bau von Kernkraftwerken u.a. mit dem gestiegenen Energiebedarf der Landwirtschaft und der energieintensiven Düngerproduktion zu rechtfertigen. Technisch hergestellter, synthetischer Stickstoff ist gebunden z.B. im schwefelsauren Ammoniak, Kalkstickstoff, Kalkammonsalpeter, sowie vielen anderen Formen der sog. "Kunstdünger".

Zur Fixierung des atmosphärischen Stickstoffs sind zwei Arten von Bakterien befähigt.

Es sind vor allem die Knöllchenbakterien, in der Fachsprache als Rhizobien bekannt, die nur in strenger Lebensgemeinschaft (Symbiose) mit Leguminosen leben. Die Bakterien erhalten von den Pflanzen Kohlehydrate und mineralische Verbindungen, die Wirtspflanze dagegen erhält stickstoffhaltige Substanzen.

Da während des Wachstums der Leguminosen die Knöllchen auch Stickstoffverbindungen in den Boden ausscheiden, vermögen in Gesellschaft angebaute Nichtleguminosen davon reichlich zu profitieren, wie das bei Gemengesaaten, z.B. bei Getreide mit Wicken-Erbesen-Einsaat (man spricht vom "Einspritzen") beobachtet werden kann. Ich entsinne mich: Früher legten die Bauern oft zur Saatkartoffel auch einzelne Ackerbohnen-Samen mit in das Pflanzloch. Lange Zeit war dieses Verfahren üblich.

Die Tätigkeit der Knöllchenbakterien ist weitgehend von der Azidität des Bodens abhängig, also von dem pH-Milieu, das nicht unter pH 6,0 liegen soll. Aber auch von dem Vorhandensein des Vitamin B₁₂ im Boden. Darauf komme ich noch zu sprechen.

In der zweiten Gruppe der luftstickstoffbindenden Bakterien zählen die n i c h t an eine Symbiose mit höheren Pflanzen gebundenen, also freilebenden stickstoffbindenden Bakterien.

Zu unterscheiden sind a e r o b lebende Bakterien
im Boden: Azotobakter chroococcum
im Abwasser: Azotobakter agile.

Unter anaeroben Bedingungen lebend, im Boden aber trotzdem weit verbreitet, ist das

Bakterium pasteurianum
zu nennen. Dieses anaerobe Clostridium-Bakterium kommt in sauren Böden bis pH 4,5 vor. Immerhin sollen unter anaeroben Verhältnissen im Boden Stickstoffgewinne von 20-60 kg N/ha und Jahr auftreten.

Dank moderner Isotopentechnik konnte noch eine ganze Reihe weiterer stickstoffbindender Mikroben nachgewiesen werden.

Zu der wichtigsten Gruppe gehören die Grün- und Blaualgen, es sind heute bereits 21 Arten bekannt. Sie werden in Japan gezielt im Reisanbau verwendet. Grünalgen vermögen mittels ihres Farbstoffes Chlorophyll aus $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, also aus Kohlensäure + Wasser die notwendigen Energiestoffe für die Stickstoff-Fixierung selbst zu synthetisieren, zu erzeugen.

Ich wiederhole: Luftstickstoff wird

- a) von den frei im Boden lebenden Azotobakter gebunden und
- b) von Rhizobien, den Knöllchenbakterien, die aber nur in einer Lebensgemeinschaft mit den Leguminosen leben können.

Kompost übt auf die frei lebenden Azotobakter einen besonders günstigen Einfluß aus. Im Schimmelpilzmycel im Kompost finden bestimmte Grünalgen günstige Wachstumsbedingungen. Sie können in Symbiose mit Azotobakter chroococcum leben und dessen Luftstickstoffbindung begünstigen. Algen und Azotobakter werden in der Natur oft vergesellschaftet gefunden.

Das Endprodukt der Stickstoff-Assimilation der Pflanzen sind Eiweißstoffe, die in das Zellplasma eingehen. Der Aufbau des komplizierten Eiweißmoleküls vollzieht sich über das Zwischenstadium Aminosäuren.

Außer der Stickstoffbindung durch die Knöllchenbakterien bei den Leguminosen, also Klee, Luzerne, Wicken, Bohnen, Erbsen usw. können wir im neutralen Boden Verhältnisse schaffen, die im Effekt auf eine billige, natürliche Dünge-Stickstoff-Gewinnung hinauslaufen.

Gemeint sind die schon genannten im Boden frei lebenden Azotobakter, nur müssen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden. In der Wurzelzone, der Rhizosphäre, existieren freilebende aerobe Azotobakter und besiedeln vor allem die feinen Wurzelhärchen, sowie die von einer Vielfalt von Kleinlebewesen und Mikroben vorverdauten winzigen Pflanzenreste.

Dieses Kohlenstoff-Material dient als Betriebsstoff ihrer "Miniatur-Dünge-Stickstoff-Fabrik".

Azotobakter sind geradezu "Feinschmecker", auf menschliche Verhältnisse übertragen hieße das: Sie wollen leichtverdauliche Babynahrung und Diätkost zu sich nehmen!

Im Zusammenwirken mit anderen Bakterien wird dort das Vielgestaltige organischer Pflanzenstoffe in Kürze an Ort und Stelle fast restlos abgebaut und 90 bis 95 % deren Kohlenstoff-Atome (C) verlassen augenblicklich als bodenbürtige Kohlensäure (CO_2) düngend den Boden, während durch die Azotobakter aus molekularem Luftstickstoff wurzellöslicher Dünge-Stickstoff zurückbleibt. Es erfolgt also ebenso eine Mehrung der Bodenfruchtbarkeit wie durch die Leguminosen. (REINAU)

Ich sagte schon: Die Azotobakter-Bakterien besiedeln vor allem die feinen Wurzelhärchen. Die Bedeutung und die Rolle, die die Wurzelhaare im Boden spielen, haben wir - so glaube ich - noch garnicht richtig erkannt und eingeschätzt.

Wurzelhaare, die zwar nur kurzlebig sind, bestehen aus einem fast mikroskopisch feinem System von Nährwurzeln, die den Boden durchziehen, schon nach kurzer Zeit eingehen, aber immer wieder neu gebildet werden und sich im Boden vorwärts schieben.

Man hat die wirksame Oberfläche der Wurzelhaare je qm in einer Krumentiefe von 30 cm bei Hülsenfrüchten auf 80 qm, bei Getreide sogar auf 100 qm geschätzt. Diese absterbenden Wurzelhaare sind als ein unentbehrliches Kohlenstoff-Reservoir anzusehen. Und noch ein Beispiel, von dem man sich kaum eine Vorstellung machen kann: Die Untersuchung einer einzelnen Roggenpflanze hat eine Summe von über 13 Millionen Würzelchen ergeben, mit einer Gesamtlänge von 600 km. An jedem Würzelchen dieser Roggenpflanze wachsen feine, bis mikroskopisch feine Wurzelhärchen, schätzungsweise etwa 14 Milliarden (!), was aneinander gereiht eine Länge von ungefähr 10 600 km entsprechen würde, also etwa der Entfernung von Pol zu Pol. Das feine Wurzelwerk der grünen Pflanze bildet somit den Energie-Nachschub im Kreislauf der organischen Stoffe - dieser Energie-Nachschub macht unser aller Überleben auf diesem Planeten überhaupt erst möglich. Und diese Bodendynamik ist auch die Basis für die Fruchtbarkeit eines Bodens! (PAULI)

Wie zutreffend ist doch ein Ausspruch von SEKERA, als er 1951 sagte: "Nicht die Fläche, sondern der durchwurzelte Bodenraum ist unser Grundbesitz!"

Kein Wunder, daß der organisch-biologische Landbau besonders dem Boden- und Wurzelraum größte Aufmerksamkeit schenkt, nämlich einem Bodenraum, der gut und tief durchwurzelt ist. Dazu gehören aber auch ein hohes Porenvolumen, echte Bodengare und ein Boden, der frei von Verdichtungen ist. Hilfsmittel mechanischer Art sind Bodenbearbeitungsgeräte, wie sie die Firma Weichel in Heiningen entwickelt hat.

Die Wurzelhaarzone steckt noch voller Wunder und Geheimnisse, sie bringt auch manche Überraschung ans Tageslicht. So entdeckte z.B. die bekannte Biologin Johanna DÖBEREINER an Gräsern, wohlgemerkt an Gräsern, eben in der Wurzelhaarzone, stickstoffbindende Mikroorganismen, die eigentlich laut Lehrmeinung garnicht dasein dürften. Geht doch der engagierte Naturwissenschaftler von der These aus: "Was naturwissenschaftlich nicht erklärbar ist, existiert nicht!" Mit dieser Entdeckung aber wurde wieder einmal die bodenverbessernde Rolle der Gräser erneut bestätigt.

Die Landwirte der alternativen Landwirtschaft stellen hohe Erwartungen an die Bakteriologen unserer Zeit und erwarten, daß ihnen eines Tages luftstickstoffsammelnde Bakterienstämme zur Verfügung gestellt werden, die mit Getreide und Hackfrüchten eine Symbiose eingehen. Ich frage mich oft, ob da nicht auch die Mykorrhizen, d.s. Wurzelpilze, die in enger Lebensgemeinschaft mit der Pflanzenwurzel leben, eine besondere Rolle spielen? Albert HOWARD, der geniale Forscher schrieb in seinem Buch "Mein landwirtschaftliches Testament" folgendes:

"Es scheint, daß die Natur uns in der Mykorrhiza einen Mechanismus gegeben hat, der weit wichtiger und allgemein verbreiteter ist, als die Wurzelknöllchen der Kleearten".

Es ist zu begrüßen, daß das Problem Mykorrhiza in jüngster Zeit ernsthaft durchforscht wird. (Dr. Anthony DEAVIN und Dr. F. PAULI)

Die Arbeiten von Dr. Johanna DÖBEREINER und auch von Prof. SCHANDERL könnten für die Weltlandwirtschaft von großer Bedeutung sein, insbesondere für die "Grüne Revolution" in den Entwicklungsländern.

Die damaligen Erwartungen der Grünen Revolution sind gescheitert, weil ein zu großer Aufwand an mineralischen Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln zum Anbau neuer ertragreicher Sorten notwendig ist. Die Entwicklungsländer sind arm und können diese Hilfsmittel auf die Dauer gar nicht kaufen. Wenn die Landwirtschaft der ganzen Welt nach den Erfordernissen der Grünen Revolution betrieben würde oder in der Art wie die Intensiv-Landwirtschaft heute, so würden die Weltrohstoffvorräte an Erdöl und Phosphat in ganz kurzer Zeit erschöpft sein!

Wir müssen versuchen, die Produktion so weit wie möglich durch die Energie tragen zu lassen, die täglich von der Sonne aus dem Kosmos strahlt und dazu dem Bodenleben größte Beachtung schenken. Jegliche Pflanzenproduktion ist eine Nutzung der Sonnenenergie!

Im Ernstfall - etwa bei schwerer Energie- und Transportkrise - gibt es sowieso nur noch die jahrtausendealten biologischen Verfahren, allerdings technisch modernisiert und somit ungleich leistungsfähiger als früher!

Doch kehren wir zu unserer "Miniatur-Dünge-Stickstoff-Fabrik" zurück. Diese in Gang zu setzen und wirksam werden zu lassen, ist von einer Reihe von Maßnahmen abhängig.

Allgemein gilt, daß

1. Die Bindung von molekularem Stickstoff (N_2) in Gegenwart von wasserlöslichen Düngesalzen unterdrückt wird. Die Azotobakter werden in ihrer Tätigkeit blockiert, sterben ab. Den höchsten Azotobaktergehalt haben gut mit Humus versorgte Böden in optimalem Garezustand.

Bekannt ist auch, daß

2. Azotobakter nur leicht zersetzbare organische Stoffe - Zucker und organische Säuren - aber nicht schwer abbaubare Substanz verwerten. (Ich bezeichnete die Azotobakter als "Feinschmecker"!)

Daraus lassen sich für die Praxis folgende Schlüsse ziehen: zu 1.: Bei Verwendung wasserlöslicher Düngesalze funktioniert die Luftstickstoffgewinnung nicht. Kein Wunder, daß in der Fachliteratur (konventionelle Landwirtschaft) von kaum nennenswerten Stickstoffbindungen durch Azotobakter die Rede ist. In Böden, die organisch-biologisch bewirtschaftet werden, sieht die Bilanz ganz anders aus.

Dazu ein Beispiel zur Erläuterung:

Um die Jahrhundertwende machten sich russische Bodenkundler Gedanken darüber, weshalb die humusreichen Böden in der Ukraine über 80 Jahre lang so gute Getreideernten ohne Ertragsausfall lieferten. Dünger kannte man zu dieser Zeit kaum. Die Untersuchung ergab: In 1 Gramm Boden wurden über 80 Millionen Mikroben gezählt. 80 % davon waren Azotobakter, also luftstickstoffbindende freilebende Bakterien. Solche Verhältnisse existieren heute weder dort noch hier in den humusarmen Böden.

Und noch etwas: Im Landwirtschaftlichen Zentralblatt 1979 Nr. 1 wird zugegeben: Durch chemische Bodenentseuchung wurde der Stickstoffbinder Azotobakter um 80 % vermindert! Das bedeutet das "Aus" für diese Stickstoffquelle.

Zum Punkt 2.: Azotobakter können schwer abbaubare Substanz nicht verwerten, das heißt:

Unverrottetes Material, wie Stallmist, Gründung usw., wird es untergepflügt, im Garten untergegraben, bildet nun einmal keine Nahrung für die Azotobakter.

Diese Stoffe gehören a u f die Bodenoberfläche als Bodenbedeckung, als Flächenkompost, es sei denn sie würden der Rotte unterworfen, kompostiert und als Kompost verabreicht. Ein kräftig entwickeltes, nicht durch Düngesalze getriebenes Wurzelsystem mit seinem ständigen Nachschub an leicht verdaulichen Haarwurzeln begünstigt die Entwicklung und Tätigkeit der Azotobakterbakterien, ist geradezu Voraussetzung für das Leben dieser empfindlichen, aber wichtigen Bakterien. Also auf ein gut entwickeltes Wurzelsystem kommt es an, nicht aber auf geil getriebene oberirdische Pflanzenmasse.

Heute wissen wir, daß auch Hefen und Algen in bescheidenem Umfang in der Lage sind, molekularen Stickstoff zu binden, ohne in Symbiose mit den Pflanzen zu leben. Die Arbeiten von SCHANDERL zeigen, daß auch Nichtleguminosen, wie Mais, Luftstickstoff assimilieren können, sofern ihnen das Vitamin B_{12} zur Verfügung steht. Überhaupt ist die Bindung von Luftstickstoff durch die Knöllchenbakterien u n d der Azotobakter an die Anwesenheit von B_{12} gebunden. Wir sehen also, das Vitamin B_{12} spielt auch im Boden eine wichtige Rolle. Aber woher kommt nun B_{12} in den Boden, wie entsteht es, welche Vorgänge führen zur Bildung dieses Vitamins?

Das Grundlegende will ich versuchen, zu erklären: Normalerweise wird B_{12} durch Milchsäurebakterien im menschlichen und tierischen Darm produziert, w e n n die Nahrung KOBALT-Spuren zur Verfügung stellt. Also ohne Kobalt kein Vitamin B_{12} . Und weil B_{12} einen Kobaltkern besitzt, wird es auch COBALAMIN genannt. Wie aber kommt B_{12} , das die Eigenschaft eines Enzymes hat, in den Boden? Es wird nach neueren Erkenntnissen im Wurzelbereich und in den Wurzeln der Pflanze erzeugt, sofern eben das Spurenelement Kobalt vorhanden ist.

Diese Stoffe gehören a u f die Bodenoberfläche als Bodenbedeckung, als Flächenkompost, es sei denn sie würden der Rotte unterworfen, kompostiert und als Kompost verabreicht. Ein kräftig entwickeltes, nicht durch Düngesalze getriebenes Wurzelsystem mit seinem ständigen Nachschub an leicht verdaulichen Haarwurzeln begünstigt die Entwicklung und Tätigkeit der Azotobakterbakterien, ist geradezu Voraussetzung für das Leben dieser empfindlichen, aber wichtigen Bakterien. Also auf ein gut entwickeltes Wurzelsystem kommt es an, nicht aber auf geil getriebene oberirdische Pflanzenmasse.

Heute wissen wir, daß auch Hefen und Algen in bescheidenem Umfang in der Lage sind, molekularen Stickstoff zu binden, ohne in Symbiose mit den Pflanzen zu leben. Die Arbeiten von SCHANDERL zeigen, daß auch Nichtleguminosen, wie Mais, Luftstickstoff assimilieren können, sofern ihnen das Vitamin B_{12} zur Verfügung steht. Überhaupt ist die Bindung von Luftstickstoff durch die Knöllchenbakterien u n d der Azotobakter an die Anwesenheit von B_{12} gebunden. Wir sehen also, das Vitamin B_{12} spielt auch im Boden eine wichtige Rolle. Aber woher kommt nun B_{12} in den Boden, wie entsteht es, welche Vorgänge führen zur Bildung dieses Vitamins?

Das Grundlegende will ich versuchen, zu erklären:

Normalerweise wird B_{12} durch Milchsäurebakterien im menschlichen und tierischen Darm produziert, w e n n die Nahrung KOBALT-Spuren zur Verfügung stellt. Also ohne Kobalt kein Vitamin B_{12} . Und weil B_{12} einen Kobaltkern besitzt, wird es auch COBALAMIN genannt.

Wie aber kommt B_{12} , das die Eigenschaft eines Enzymes hat, in den Boden? Es wird nach neueren Erkenntnissen im Wurzelbereich und in den Wurzeln der Pflanze erzeugt, sofern eben das Spurenelement Kobalt vorhanden ist.

Und so können wir uns die Zusammenhänge etwa vorstellen:

In der Rhizosphäre, im Wurzelbereich, entwickeln sich, sobald die Pflanze grün wird, also Chlorophyll bildet, eine "Spezialflora", Organismen, die in Symbiose mit den feinen Wurzelhaaren leben. Wie RUSCH feststellte, handelt es sich zum Großteil um dieselben Arten von Bakterien, die auch bei Mensch und Tier als Symbionten auftreten, nämlich um Bakterien, die Milchsäure bilden. Ist nun im Boden das Spurenelement Kobalt vorhanden, so ist der Weg frei zur Bildung von Vitamin B_{12} , dem Cobalamin.

In diesem Zusammenspiel:

.. Milchsäurebakterien (*Lactis acidophilus*)

.. Kobaltspuren (Spurenelement)

.. Cobalamin (B_{12})

kann unsere bodeneigene Stickstoff-Fabrik in Tätigkeit treten, denn beide Arten Bakterien - die Knöllchenbakterien u n d die Azotobakter sind von B_{12} abhängig.

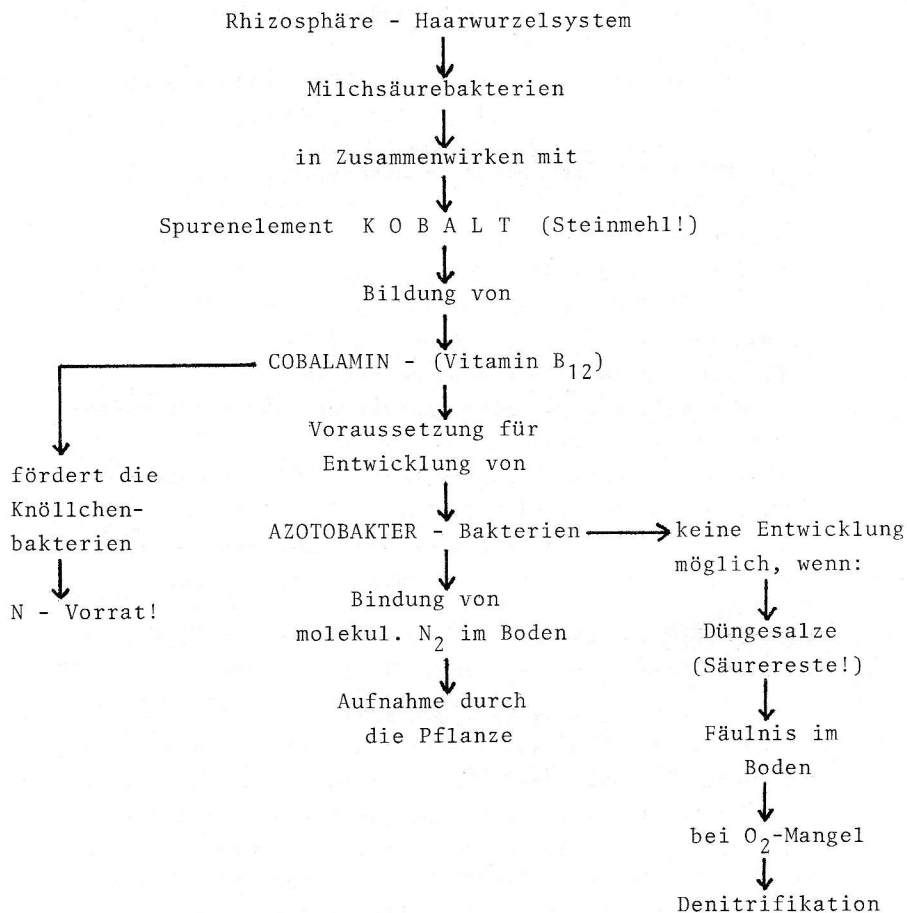
Der ökologische, alternative Landbau hat es in der Hand, die Voraussetzungen für die Bildung des Cobalamins und in der Folge für den Nachschub von stickstoffbindenden Azotobakter zu schaffen.

Eine einfachere, billigere und Energie sparendere Methode der Stickstoffbeschaffung gibt es nicht!

Dieses soeben vorgetragene Zusammenspiel, das sich uns in der Rhizosphäre, genauer gesagt im Bereich der feinen Wurzelhaare offenbart, ist geradezu faszinierend und inzwischen auch wissenschaftlich bewiesen. (Botanisches Institut der Universität Basel)

Die Bindung von molekularem Stickstoff (N_2)

durch A z o t o b a k t e r



Fragen wir uns: Welche Maßnahmen sind erforderlich, gewissermaßen als "Ganzheitstherapie", um

1. den kostenlosen Stickstoff nutzbar zu machen
2. den Stickstoff zu mobilisieren und zu erhalten, der in den wirtschaftseigenen Düngestoffen Stallmist, Gülle, Jauche enthalten ist, und
3. wie kann die Fruchtbarkeit der Böden wieder nachhaltig hergestellt und erhalten werden?

- ..Vor allem ist eine perfekte Humuspflege erforderlich
- ..Stallmist, Gülle, Jauche sind aerob der Rotte zu unterziehen
- ..Kompost oder Bodenbedeckung anwenden
- ..Anbau von Leguminosen
- ..Gründüngung verstärkt einsetzen
- ..für "immergrünen" Acker Sorge tragen
- ..Anwendung von Basaltmehl (Kobalt u.a. Spurenelemente)
- ..Schonung der Wurzelzone
- ..deshalb schonende Bodenbearbeitung, flach wenden, tief lockern (System WEICHEL)
- ..Vermeidung von wasserlöslichen Düngesalzen
- ..für gute Bodengare sorgen (hohes Porenvolumen!)

Freilebende stickstoffbindende Organismen vermögen in solchen Böden je Hektar jährlich zu binden:

20 - 50 kg N und mehr

Leguminosen können binden:

300 - 400 kg N und darüber.

Vorstehende Zahlen beziehen sich nur auf die Stickstoff-Fixierung direkt aus der atmosphärischen Luft.

Natürlich gibt es auch bedeutende Stickstoffvorräte i m Boden in Form verschiedener organischer Verbindungen, vorwiegend im H u m u s .

Auch diese Vorräte stammen letztenendes aus der Atmos-phäre. Denn der Ursprung des gesamten Bodenstickstoffs ist die, die Erde umgebende Atmosphäre!

Nachfolgende Angaben über Stickstoffbindungen im Boden sollen das Bild abrunden:

..Die Stickstoffbindungen durch Bodenpilze aus organi-schen Substanzen ist zu veranschlagen jährlich mit:

20 - 30 kg/ha

..Der Regenwurm ist für den Stickstoffkreislauf von be-sonderer Bedeutung: In seinen Kottauswürfen finden sich Stickstoffverbindungen

von rd. 10 kg/ha

..Die absterbenden Regenwurmgenerationen bieten ein Stickstoff-Reservoir von

90 kg/ha

..sodaß ein guter Regenwurmbesatz insgesamt mit

100 kg/ha

Stickstoffumsatz zu veranschlagen ist.

Es gibt also wie gesagt bedeutende Stickstoff-Vorräte im Boden in Form organischer Verbindungen. So ist der orga-nisch gebundene Stickstoff im Humus als eine reichlich fließende Stickstoffquelle anzusehen.

Der überwiegende Teil des Bodenstickstoffs stammt aus den Proteinen der Pflanzen- und Tier-Reste und gelangt mit diesen in den Boden. Zu dem Stickstoff tierischen Ursprungs tragen die Regenwürmer wegen ihrer großen Bio-masse in hohem Maße bei.

Je humusreicher der Boden, desto kontinuierlicher fließt diese Stickstoffquelle. Zu Albrecht THAER's Zeiten (vor rd. 140 Jahren) besaßen Ackerböden einen Humusgehalt von 6-8 %, heute meist nur noch 1,5 bis 2 %, vielfach aber darunter.

Ein Beispiel soll zeigen, welche Stickstoffmengen ein humusreicher Boden mit 4 % organischer Masse - Humus - aufzuweisen hat.

Ein Boden mit 4 % organischer Substanz enthält ungefähr 90 000 kg, also 90 t organische Masse je ha in einer Bodentiefe von 15 cm.

In der Fachliteratur wird angegeben, daß Humus etwa 5 % Stickstoff enthält. Von den genannten 90 t Humus sind somit 5 %, d.s. 4500 kg organisch gebundener Stickstoff.

In unserem Beispiel eines fruchtbaren Bodens mit 4 % Humusgehalt würde also den Pflanzen eine Stickstoffreserve von 4500 kg organisch gebundenem Stickstoff je ha zur Verfügung stehen. Umgerechnet auf einen 20 %-igen Stickstoffdünger wären dies 225 dt eines Mineraldüngers. Keinem Landwirt würde es einfallen, derartig hohe Mengen aufs Feld zu bringen, keine Pflanze würde das überstehen. Das zeigt aber auch, daß eine Vorratsversorgung des Bodens mit Stickstoff nur über den biologischen Kreislauf möglich ist.

Die Umformung dieses Stickstoffkapitals in für die Pflanze aufnehmbare Nitrate erfolgt durch das Mikroleben im Boden. Die allmähliche Mineralisation, d.h. Zur-Verfügungstellung, der organisch gebundenen Stickstoffvorräte des Bodens bedingt zum großen Teil die sogenannte "Alte Kraft" eines fruchtbaren Bodens.

VIRTANEN, der bekannte finnische Landwirt und Forscher, hat schon damals in 20-jähriger Erfahrung auf eigenem Landgut den klaren Beweis geliefert, daß die biologische Stickstoffbindung die Ansprüche einer intensiven Landwirtschaft durchaus zu erfüllen vermag. Die deutsche Landwirtschaft muß in erster Linie Humuswirtschaft sein! Eine perfekte Humuspflge sollte zum Eckpfeiler der Landwirtschaft werden, sie ist es aber heute nicht mehr! Damit beantworten sich auch die immer wiederkehrenden Klagen aus der Praxis über Bodenbilanzen, nach denen die Stickstoffvorräte oft schon in Jahresfrist restlos erschöpft seien.

Von einem "Kuriosum" soll noch berichtet werden, von einer Notiz, die in fast allen landwirtschaftlichen Fachblättern erschien und von der "LUFA", der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt" abgesegnet wurde. Die Überschrift:

"Biologische Stickstoffproduktion keine realistische Alternative".

In der Notiz heißt es: "Der Bedarf an Düngerstickstoff ließe sich zwar theoretisch über den Anbau von Futterleguminosen decken, doch weil unsere heutigen Erträge durchschnittlich (!) 200 kg N/ha benötigen, müßten 30 bis 40 % der Ackerfläche mit Futterleguminosen bebaut werden, die nur als Düngerstickstoff-Produzenten und nicht als Futter genutzt werden".

Zuletzt muß noch die Umweltverschmutzung herhalten, denn - so wird gefolgert, ich zitiere: "Die biologische Stickstoff-Fabrik kann Umweltprobleme mit sich bringen, denn aus umgebrochenen Leguminosenflächen werden beachtliche Mengen an Nitratstickstoff ausgewaschen". -Zitatende.

Mit keinem Wort, mit keiner Silbe wird die Stickstoffbindung durch Azotobakter erwähnt oder ist vom Stickstoff im Bodenumus die Rede oder gar von der Rolle des Bodenlebens.

Diese Notiz zeigt aber auch das große Fiasko in der heutigen Bodenkunde, denn man gibt lautlos zu:

1. Daß mit einer Stickstoffbindung durch Azotobakter nicht mehr zu rechnen ist - weil sie durch falsche Bodenbehandlung garnicht mehr funktionieren kann.
2. Das Stickstoffkapital aus dem Humus wird garnicht erst erwähnt, weil es in unseren heutigen humus-armen Böden ohnehin dahingeschmolzen ist!

..Soll das etwa der Weg in die 80-er Jahre sein? ..

Die Professoren der alten Schule - ich nannte Prof. Dr.ROEMER - und auch viele andere der damaligen Zeit, selbst Justus v. LIEBIG, würden sich wundern, wenn sie wüßten, wie oberflächlich, einseitig und industrie-bezogen unsere jungen Landwirte informiert werden.

Wir können festhalten:

Wenn der exakt betriebene biologische Landbau alle jene angeführten Stickstoffquellen anzapft und es versteht, diese richtig einzusetzen - die notwendigen Maßnahmen wurden erläutert - dann erreichen wir, allerdings zum Ärgernis der Stickstoffindustrie einen Zustand, den hervorragend wirtschaftende Praktiker heute schon erreicht haben - nämlich, daß kein Kilogramm synthetischer Stickstoffdünger zugekauft zu werden braucht. Beispiele gibt es genug!

Daß auch der im Humus gebundene Stickstoff viel Aufmerksamkeit und Wissen verlangt, möchte ich zum Schluß noch demonstrieren:

Ich sagte schon, Stickstoff als Gas ist sehr träge, aber im Boden als organischer Stickstoff, wenn er von den Mikroben abgebaut, d.h. mineralisiert wird, ist er ein lebhafter Geselle und kann u.U. sich wieder als Gas, als N_2 in die Atmosphäre verabschieden.

Betrachten wir uns daher kurz den Werdegang und die Formen des Bodenstickstoffs. Er liegt im Boden zu etwa 95-98 % in organisch gebundener Form vor. Die höhere Pflanze vermag aber den Stickstoff im großen und ganzen nur in Form der Ionen NO_3 (Nitrat) und bedingt als NH_4 (Ammonium) aufzunehmen. Verfolgen wir einmal den Verlauf.

Die organische Substanz, in der der Pflanzenstickstoff in Form von Eiweiß und Aminosäure festliegt, muß erst durch die Bodenkleintiere abgebaut, mineralisiert werden. Der Abbauprozess wird durch Enzyme, die die Mikroorganismen produzieren, gesteuert.

Diesen ersten Schritt der Mineralisation bezeichnet man als **A m m o n i f i k a t i o n**.

Zur Zeit LIEBIG's vertrat man die Ansicht, daß das Ammoniak (NH_4) die einzige Quelle für den Pflanzenstickstoff sei. Diese Behauptung, diese Vorherrschaft der aufgestellten "Ammoniak-Hypothese" als der hauptsächlichsten Stickstoffquelle war so groß, daß man für den ersten Transport des Chilesalpeters in Hamburg keinen Käufer fand und gezwungen war, die Ladung ins Meer zu werfen. Erst ab 1850 erkannte man den Wert des Salpeters (NO_3) und begann, ihn als Düngemittel einzusetzen.

Nun zum 2. Schritt der Stickstoff-Umwandlung:

Das Ammonium wird mit Hilfe des Luftsauerstoffs durch spezifische Bakterien, den Nitrit- und Nitratbakterien über zwei Stufen zu Nitrat oxydiert.

Nämlich Ammoniak zu Nitrit (NO_2) und
 Nitrit zu Nitrat (NO_3).

Werden nun im Boden die Nitrobakterien gehemmt, z.B. durch Sauerstoff-Armut, so können schädliche Nitritkonzentrationen auftreten. Bei Bodenverdichtungen, also Sauerstoffmangel, kann k e i n Nitrat gebildet werden!

Diese Umwandlung von Ammoniak zum Nitrat bezeichnet man als N i t r i f i k a t i o n .

Noch kurz zur dritten Form, der sogenannten Denitrifikation:

Hier wird sowohl Ammoniak als auch Nitrat durch andere Mikroorganismen zu molekularem N_2 und Stickoxyd (N_2O) umgewandelt - der flüchtige Geselle N_2 verabschiedet sich wieder, der Stickstoff verschwindet aus dem Bodenkreislauf! In erster Linie trägt Sauerstoffmangel und Fäulnis im Boden zu diesem Verlust bei.

Die Stickstoffverluste, die durch Denitrifikation eintreten, können recht beträchtlich sein. Untersuchungen mit markiertem Isotopen-Stickstoff zeigten, daß Stickstoffverluste in sandigen Böden bis 25 %, bei Tonböden sogar 16 - 31 % betragen können.

Zum besseren Verständnis sei kurz wiederholt:

Bei der Nitrifikation handelt es sich um eine Oxydation, d.h. um eine Sauerstoffanlagerung von NO_2 zu NO_3 , dem Nitrat.

Dagegen ist die Denitrifikation ein Vorgang, bei dem durch Bakterien Nitrate zu sauerstoffärmeren Stickstoffverbindungen und schließlich zu elementarem Stickstoff reduziert werden, also das Element N aus der Verbindung austritt.

Der Vollständigkeit halber muß noch von einem 4. Akt auf der Stickstoffbühne gesprochen werden, nämlich von der Festlegung des Stickstoffs im Boden, sie wird mit dem unschönen Wort "Immobilisation" bezeichnet. Wenn nämlich im Boden ein C:N-Verhältnis, also das Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Stickstoff weiter als 25 : 1 vorliegt - wie etwa bei Stroh, strohigem Mist, Gründüngung, so konkurrieren die Mikroben erfolgreich mit den Pflanzen um den Stickstoff, so daß die Pflanzen unter Stickstoffmangel leiden. Die Mikroben sind wahre Egoisten, da heißt es: Erst sind wir an der Reihe! Nur schwerlich kann man sich vorstellen, daß diese Kleinstlebewesen aus einem Naturtrieb zur Erhaltung ihrer Art sich so verhalten.

Bei einem weiten C:N-Verhältnis wird also der Bodenstickstoff in den Mikroleibern, für die eigene Bildung von Körpereiweiß festgelegt, immobilisiert. Man spricht in diesem Fall von einer "biologischen Stickstoffsperre".

Erst wenn das organische Material genügend abgebaut ist und das C:N-Verhältnis enger wird, z.B. 10 : 1, steht den Pflanzen wieder Stickstoff zur Verfügung. Bringt man organische Massen allerdings auf die Oberfläche des Bodens - Flächenkompostierung - so tritt keine Stickstoff-Festlegung ein!

Eine Stroh- oder Gründüngung in den Boden eingebracht, kann daher nur gelingen, wenn gleichzeitig zusätzlich Stickstoff, am besten in Form von Gülle/Jauche gegeben wird.

Man sieht also, es ist garnicht so einfach, das Element Stickstoff in den Griff zu bekommen und in seinen vielfältigen Formen zum Wohle der Menschheit einzusetzen. Die Landwirte und auch Gärtner, die diese Praxis souverän beherrschen sind wahre Meister ihres Faches!

