

Die Agrikulturchemie und ihre Bedeutung für die Volksernährung

Ein Rückblick und Ausblick

Von

Dr. Otto Lemmermann

Professor an der Universität Berlin



Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

1940

ISBN 978-3-322-98075-5 ISBN 978-3-322-98714-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-322-98714-3
Reprint of the original edition 1940
Alle Rechte vorbehalten

Dem Andenken
des großen Agrikulturchemikers
Justus Liebig
gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einführung	1
Erstes Kapitel: Ältere Ansichten über die Ernährung und Düngung der Pflanzen. Der nachteilige Einfluß der sogenannten Naturphilosophie. Der Beginn selbständigen Forschens. Die Arbeiten von Palissy und van Hellmont. Die Transformationslehre..	5
Zweites Kapitel: Die Humustheorie und ihre Gefährlichkeit für die Bodenfruchtbarkeit. Preisaufgabe der Akademie der Wissenschaften in Berlin über die Bedeutung der Mineralstoffe für die Pflanzen. Fortschritte der Erkenntnis durch die Arbeiten von Senebier, Ingenhous, de Saussure. Die Entdeckung der Assimilation der Kohlensäure. Stand des Wissens zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Die Göttinger Preisaufgabe über die Bedeutung der Mineralstoffe. Die Lehren von Carl Sprengel...	12
Drittes Kapitel: Das Auftreten von Justus Liebig und seine Bekämpfung der Humustheorie. Seine Lehren, Anhänger und Gegner. Die Lösung der Göttinger Preisaufgabe liefert den experimentellen Nachweis der Unentbehrlichkeit der Mineralstoffe für die Pflanzen. Vergleichung der Lehren Liebig's mit denen seiner Vorgänger. Liebig's überragende Persönlichkeit und bleibendes Verdienst.....	22
Viertes Kapitel: Auswirkung der Lehren Liebig's. Herstellung der mineralischen („künstlichen“) Düngemittel. Ihre Bedeutung für eine rationelle Düngung, für die Steigerung der Ernteerträge und Volksernährung. Die Notwendigkeit der mineralischen („künstlichen“) Düngemittel für die Urbarmachung der Ödländereien. Können wir den zur Düngung nötigen Bedarf an stickstoff-, phosphorsäure- und kalihaltigen Düngemitteln in Deutschland selbst decken? Die Bedeutung des aus der Luft hergestellten Harnstoffs für die Herstellung von Futtermitteln. Die Notwendigkeit einer verstärkten Anwendung der künstlichen Düngemittel und ihrer Verbilligung im Interesse der Volksernährung	36

VIII

Fünftes Kapitel: Der Nährstoffhaushalt der Böden. Die Bedeutung des Stalldüngers. Gibt es heute noch einen Raubbau? Die Notwendigkeit der Bodenkontrolle. Die Methoden zur Ermittlung des Düngungsbedürfnisses der Böden. Wie ist es um die Düngerbedürftigkeit der deutschen Böden bestellt? Die Bedeutung der sogenannten Harmonie der Nährstoffe für die Düngung. Die Bedeutung der Form der Düngemittel für ihre Anwendung und Wirkung. Die Wichtigkeit der Gesunderhaltung der Böden. Die Bedeutung des Reaktionszustandes der Böden für die Pflanzen. Haben die künstlichen Düngemittel eine ungünstige Wirkung auf den Gesundheitszustand der Böden? Die Untergrundkrankheiten.....	48
Sechstes Kapitel: Die Bedeutung der Mikroorganismen für den Acker- und Pflanzenbau, das Aufkommen des neuen Wissenszweiges der Mikrobiologie des Bodens und Düngers. Die Humusfrage und der Kohlenstoffhaushalt der Böden. Die Erntesteigerung wird nicht allein durch die Düngung bewirkt. Die Bedeutung der anderen Faktoren. Ist eine weitere Steigerung der Ernteerträge durch eine verstärkte Düngung möglich? Bis zu welcher Höhe?	77
Siebentes Kapitel: Können die klimatischen Faktoren: Wasser, Wärme, Licht, im Interesse der Pflanzenproduktion verbessert werden? Können die Ernten noch durch andere Maßnahmen erhöht werden? Die Verbesserung der Kohlensäureernährung. Die Bedeutung der sogenannten Spurenelemente, der radioaktiven Substanzen, der Elektrizität, der Reizstoffe und Wuchsstoffe für die Pflanzen. Haben kosmische und terrestrische Strahlen einen Einfluß auf das Pflanzenwachstum?	91
Achtes Kapitel: Wie wird die Qualität der Ernteprodukte durch eine Düngung mit „künstlichen“ Düngemitteln beeinflusst? Haben die so gedüngten Pflanzen eine die Gesundheit der Menschen schädigende Wirkung? Der Name „künstliche“ Düngemittel ist irreführend. Einfluß der mineralischen Düngemittel auf Geschmack, Geruch, Haltbarkeit, Konservierungsfähigkeit der Nahrungsmittel. Die derzeitige Ernährungslage. Der Mensch als Produktionsfaktor	105
Schlußwort	115

Einführung

Vor 100 Jahren, im Jahre 1840, veröffentlichte Justus Liebig sein später so weltberühmt gewordenes Buch „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie“¹⁾. Das Buch erregte gleich nach seinem Erscheinen ein ganz gewaltiges Aufsehen, denn es enthielt u. a. Ansichten und Lehren über die Ernährung und Düngung der Pflanzen, die zum Teil in schroffem Gegensatz zu den damals herrschenden Anschauungen standen und eine Kampfansage an sie bedeuteten. Das Interesse an dem Buche war so groß, daß bis zum Jahre 1846 jährlich eine neue Auflage erscheinen mußte.

Aber wenn auch die Beachtung, die man den Lehren Liebigs von Anfang an entgegenbrachte, sehr groß war, so wurden sie doch keineswegs sofort angenommen. In manchen Kreisen fanden sie zwar lebhaft Zustimmung, aber ebenso groß war auch die Kritik und Ablehnung. So schrieb z. B. der bekannte Professor der Landwirtschaft von Hlubeck in seinem preisgekrönten Buch „Über die Ernährung der Pflanzen“ (1841): „Wollten wir dieses die Unwissenheit in der Landwirtschaft in allen seinen Teilen beurkundende und Hypothesen über Hypothesen schmiedende Werk weiter verfolgen, so müßten wir die Grenzen der gegenwärtigen Abhandlung überschreiten, und wir erlauben uns nur, unsere Amts- und Erwerbsgenossen vor dem falschen Propheten zu warnen.“

Auch der berühmte Chemiker Berzelius (1779—1848) kritisierte die Ansichten Liebigs sehr scharf und verglich sie mit einem Aufbau aus farbenspielenden Seifenblasen, die rasch und nutzlos zerplatzen müßten²⁾.

So wenig erkannte man also zunächst in manchen Kreisen die große Bedeutung der neuen Lehre. Aber sie setzte sich nach einigen Kampffahren durch, und Liebig konnte es noch erleben, daß seine

¹⁾ Verlagsbuchhandlung Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1840.

²⁾ Vgl. Mach, Superphosphat, 1937, Nr. 6.

Zeitgenossen seinen überragenden Leistungen die verdiente Anerkennung zollten.

Wie hoch man ihn verehrte, das zeigen die vielen Ehrungen, die man ihm gab. Das zeigt besonders schön auch der ergreifende Aufruf, den ein internationales Komitee bald nach seinem Tode erließ, um ihm ein Denkmal in München zu errichten. In diesem Aufruf heißt es u. a.:

„Noch die späteste Nachwelt wird den Namen desjenigen segnen, der ihr die Macht gegeben, die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten und zu mehren, und sie dadurch erlöst hat von der Gefahr der Verödung ihrer Wohnsitze. So hat Justus Liebig seinem Namen selbst das unvergängliche Denkmal errichtet . . .

Wenige Namen der Zeitgenossen sind so weit wie der seinige über die bewohnte Erde gedungen und überall, in der Heimat und in der Fremde, in Stadt und Land, bei reich und arm, bei Gelehrten und Laien mit gleich dankbarer Verehrung genannt . . .“

Und der große Chemiker A. W. v. Hoffmann (1818—1892) schrieb:

„Wenn man die Summe dessen ins Auge faßt, was Liebig für das Wohlergehen des Menschen auf dem Gebiete der Industrie oder des Ackerbaus oder der Pflege der Gesundheit geleistet hat, so darf man kühn behaupten, daß kein anderer Gelehrter in seinem Dahinschreiten durch die Jahrhunderte der Menschheit ein größeres Vermächtnis hinterlassen hat.“

Wem ein solcher Nachruf von hervorragenden Gelehrten geschrieben wurde, der muß ein ganz Großer im Reiche der Wissenschaft gewesen sein und sein Lebenswerk eine Kulturtat von höchster Bedeutung. Daß dem so ist, das zeigt schon der Umstand, daß wir Liebig auch heute noch als den großen Reformator und Schöpfer einer neuen Lehre verehren und von seinem Auftreten an eine neue Epoche der Landwirtschaft datieren. So revolutionär und umgestaltend wirkten sich seine Lehren aus. Unter ihrem Einfluß hat die Landwirtschaft in wenigen Jahrzehnten eine Entwicklung durchgemacht, größer als sonst in Jahrhunderten. Wir wissen, daß wir es zum großen, vielleicht zum größten Teil Liebig zu verdanken haben, wenn wir heute imstande sind, unser Volk in so hohem Maße aus den

Erträgen des deutschen Bodens zu ernähren ¹⁾. Was das aber politisch und volkswirtschaftlich bedeutet, das hat die Erfahrung der letzten Jahrzehnte auch denjenigen gezeigt, die es noch nicht aus der Geschichte wußten.

Es ist deshalb angebracht, auch weiteren Kreisen zu zeigen, wie wichtig eine richtige Erkenntnis der Pflanzenernährung für die Volksernährung ist, und an der Hand einiger Entwicklungsstufen der Wissenschaft auch darauf hinzuweisen, wie lang und schwer der Weg war, den sie gehen mußte, um nach manchen zeitlich bedingten Irrtümern zur richtigen Erkenntnis zu gelangen.

Ein solcher Rückblick und Überblick zeigt zugleich, wie sich unsere Kenntnisse seit Liebigs Zeiten weiterentwickelt haben, und daß die Erfolge der Gegenwart nur möglich waren und sind durch die Leistungen der Forscher in der Vergangenheit ²⁾.

„Wir wollen nicht müde werden, in den Spiegel der Vergangenheit zu blicken, damit das Bild der Männer nicht abhanden komme, auf deren Schultern wir stehen, die durch ihre Liebe zur Wissenschaft auf allen Gebieten der Chemie und Physik so Herrliches, so Ruhmvolles geschaffen haben“ (A. W. Hoffmann).

Der bekannte Chemiker Hermann Kolbe (1818—1884) schrieb einmal: „Es klingt wunderbar und dem Laien beinahe ungläublich, daß, nachdem Jahrtausende hindurch Ackerbau getrieben worden ist und man geglaubt hat, die Landwirtschaft an der Hand tausendjähriger Erfahrung rationell zu betreiben, ein deutscher Chemiker, der nie Landwirt gewesen, nie den Pflug geführt, nie den Acker bearbeitet hat, von seinem Schreibtische aus diktierte, wie der Landwirt sein Land behandeln muß, um ihm dauernd größte Ertragsfähigkeit zu geben, und daß mit Liebigs Lehren von der Kultur des Bodens und dem Naturgesetze des Landbaus erst eine wirklich rationelle Landwirtschaft beginnt.“

In Wirklichkeit ist aber diese Erscheinung gar nicht so wunderbar, denn die Frage der richtigen Pflanzenernährung und damit

¹⁾ Friedr. Aereboe nannte (1925) Liebig einen Mann, der der Menschheit wie kaum ein anderer Brot geschaffen hat.

²⁾ Entsprechend dem Charakter der Schrift ist von Literaturangaben mit einigen Ausnahmen Abstand genommen worden.

einer richtigen Düngung ist ihrem Wesen nach keine rein landwirtschaftliche, sondern vielmehr eine pflanzenphysiologische. Und deshalb konnte sie auch nicht auf empirischem Wege, durch praktische Erfahrungen, gelöst werden, sondern nur mit den Hilfsmitteln der Naturwissenschaften, im besonderen der Chemie und Botanik.

Dieser Umstand erklärt es auch, daß man erst so spät zu einer rationellen Düngung in der Landwirtschaft kam. Denn eine solche Forschung konnte erst dann von Erfolg sein, nachdem die Naturwissenschaften so weit ausgebildet waren, daß man mit wirklich exakten Methoden an die Erforschung der Naturgesetze herangehen konnte.

Das war aber erst möglich, nachdem A. L. Lavoisier (1743 — 1794), ein Reformator der Chemie, durch seine Arbeiten die Grundlagen für eine neue moderne Chemie geschaffen hatte und damit die Vorbedingung für ein richtiges Erkennen und Verstehen der Natur- und Lebenserscheinungen. —

Man hatte also noch vor 100 Jahren über die für die Landwirtschaft so grundlegenden Fragen der Pflanzenernährung und Düngung nur ganz unklare, ja zum Teil direkt falsche Ansichten. Und die Folge davon war natürlich, daß auch die Bewirtschaftung des Bodens zu jener Zeit noch auf einer verhältnismäßig niederen Stufe stand.

Denn alle unsere praktischen Maßnahmen werden ja letzten Endes bestimmt durch unsere theoretischen Anschauungen. Sind diese falsch oder ist das Maß unserer wissenschaftlichen Erkenntnis nur gering, dann müssen auch unsere praktischen, wirtschaftlichen Maßnahmen zumeist unrichtig bzw. mangelhaft sein. Das war hinsichtlich der Ernährung und Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen tatsächlich bis um die Mitte des 19. Jahrhunderts der Fall. Und das hatte die weitere Folge, daß man dem Boden damals auch nur weit geringere Erträge abzugewinnen vermochte, als es heute möglich ist.

Erstes Kapitel:

Ältere Ansichten über die Ernährung und Düngung der Pflanzen. Der nachteilige Einfluß der sogenannten Naturphilosophie. Der Beginn selbständigen Forschens. Die Arbeiten von Palissy und van Hellmont. Die Transformationslehre

1. Ältere Ansichten über die Ernährung und Düngung der Pflanzen

Natürlich hatten sich in der Landwirtschaft im Laufe der Jahrhunderte viele mehr oder weniger wertvolle Kenntnisse und Erfahrungen auf dem Gebiete des Acker- und Pflanzenbaus und damit auch der Düngung angesammelt. Das ist bei einem so uralten und wichtigen Gewerbe ja selbstverständlich, denn man brachte landwirtschaftlichen Fragen schon im Altertum ein großes Interesse entgegen. Landwirtschaftliche Fragen waren, und sind es noch heute, in hohem Maße auch Staatsfragen, und das Schicksal der Völker war von jeher innig verknüpft mit der Ertragsfähigkeit der Böden. Bei manchen Völkern war die Pflege des Ackerbaus auch mit religiösen Vorstellungen verknüpft ¹⁾. So heißt es z. B. in den Religionsbüchern der Iranier, die zu den vornehmsten Völkern des Altertums gehören, daß der Gottheit diejenige Stelle wohlgefällig sei, wo viel Korn und Futter erzeugt und wo trockenes Land bewässert und allzu feuchtem Lande das Wasser entzogen würde.

Wie verhältnismäßig hoch die praktische Landwirtschaft schon bei den alten Ägyptern, Griechen, Römern und anderen Völkern entwickelt war, das zeigen uns ihre Geschichtswerke.

Man benutzte im Altertum nicht nur die verschiedenen tierischen Dünger, sondern man kannte auch schon die Gründüngung. Man

¹⁾ Es sei auch an die Ackerkulte erinnert, die man bei den Ackerbau treibenden Völkern findet, um für den Acker und die Feldfrüchte den Schutz der Gottheiten zu erlangen. Manche Bräuche der Jetztzeit lassen sich auf die alten Kulte zurückführen.

kannte auch die Anwendung von Kalk und Mergel, und zwar kannte man sowohl ihre günstige wie auch ihre ungünstige Wirkung. Es wird berichtet, daß die römischen Verpächter in ihren Pachtverträgen häufig die Anwendung von Kalk verboten. Man kannte also die „bodenausraubende“ Wirkung unzweckmäßig angewandter Kalkmengen, wußte ihr aber noch nicht zu begegnen.

Man wendete im Altertum auch hier und dort noch andere Mineralstoffe zur Düngung an, so Kochsalz, Asche usw. Es sei auch erinnert an die großartigen Bewässerungsanlagen der alten Ägypter, Mesopotamier, Araber und anderer Völker, die ja ein großes Wissen und Können zur Voraussetzung hatten ¹⁾. Aber alle diese Kenntnisse, so wertvoll sie an sich waren, reichten zu einer wirklich rationellen Düngung nicht aus, denn eine solche hat die Kenntnis der naturgesetzlichen Grundlagen der Pflanzenernährung zur Voraussetzung. Und diese Kenntnisse hatte man im Altertum noch nicht und konnte sie auch nicht haben, da sie nur erworben werden konnten durch exakte naturwissenschaftliche Forschungen, die man damals noch nicht kannte. Im Altertum suchte man durch naturphilosophische Spekulationen das Wesen der Dinge zu erforschen. Das konnte aber nicht zu einer richtigen Erkenntnis führen, und deshalb mußten auch die Vorstellungen, die man sich im Altertum von dem Wesen der Pflanzenernährung gemacht hatte, unrichtig sein.

So nahm der berühmte Philosoph und Naturkundige Aristoteles (384—322 v. Chr.) an, daß die Stoffe, die die Pflanzen für ihre Ernährung brauchten, im Boden schon in einem solchen Zustande vorhanden wären, wie die Pflanzen sie benötigten, daß die Pflanzen sie also nicht weiter in Pflanzensubstanz umzuwandeln brauchten. Aus diesem Grunde hätten die Pflanzen auch keine Ausscheidungen (also keinen Stoffwechsel), wie das bei den Tieren der Fall wäre.

2. Die heutigen Ansichten

Heute wissen wir, daß die Art der Pflanzenernährung ganz anders ist, daß die Pflanzen ihre Nahrung keineswegs im fertigen Zustande

¹⁾ Großartige Bewässerungsanlagen sind auf Ceylon von den singhalesischen Königen errichtet worden. Die ersten sollen etwa um 500 v. Chr. entstanden sein.

aus dem Boden aufnehmen, sondern daß die grünen Organismen (im Gegensatz zu den nichtgrünen: wie Menschen, Tiere, Pilze, Bakterien) die wunderbare Fähigkeit besitzen, alle die verschiedenen organischen Substanzen, aus denen ihr Körper zum größten Teil besteht, selbst zu erzeugen, und zwar aus Kohlensäure und Wasser unter Mitwirkung einiger Mineralstoffe. Sie sind so organisiert, daß sie die große Energie, die zu diesem Umwandlungsprozeß (Assimilationsprozeß) der Kohlensäure nötig ist, dem Sonnenlichte entnehmen können, dessen aktuelle Energie dadurch in die chemische (potentielle) Energie der entstandenen organischen Substanz umgesetzt wird (Photosynthese).

Die Kohlensäure entnehmen die Pflanzen der Luft, das Wasser und die Mineralstoffe dem Boden. Rein mengenmäßig betrachtet ist der Kohlenstoff der Hauptnährstoff der Pflanzen. Das zeigen die folgenden Angaben.

In einer Getreideernte von 20 dz Körner + 40 dz Stroh sind enthalten etwa: 4930 kg organische Substanzen, 850 kg Wasser, 215 kg Mineralstoffe.

Zur Erzeugung dieser 4930 kg organischer Substanz sind erforderlich rund 2415 kg Kohlenstoff, 310 kg Wasserstoff, 60 kg Stickstoff, 2145 kg Sauerstoff.

Von den vielen Mineralstoffen, die man in den Pflanzen findet, sind namentlich die Elemente Kalium, Kalk, Magnesium, Eisen, Phosphor, Schwefel für das Pflanzenleben wichtig. Man glaubte bis vor nicht zu langer Zeit, daß sie zusammen mit dem Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff die eigentlichen Nährstoffe der Pflanzen wären, daß die Pflanzen also allein von ihnen leben könnten. Einigen anderen Elementen wie Natrium, Chlor, Silizium, maß man auch eine gewisse Bedeutung bei und nannte sie die nützlichen. Heute wissen wir, daß noch manche andere Elemente, wie z. B. Mangan, Bor, Kupfer, lebensnotwendige Elemente sind, die auch unter Umständen bei der Düngung berücksichtigt werden müssen.

Trotzdem also, wie diese Gegenüberstellung zeigt, die Ansichten des Aristoteles unrichtig waren, dauerte es sehr lange, bis man über sie hinauskam. Man begnügte sich lange Zeit damit, die Schriften

der alten Philosophen zu übersetzen und zu deuten und wagte nicht, eine andere Meinung zu haben, da man in ihnen den Inbegriff aller Weisheit sah.

So hatte noch einer der bedeutendsten Naturforscher des Mittelalters, Albertus Magnus (1193—1280), ähnliche Vorstellungen von der Pflanzenernährung wie Aristoteles. Es scheint, daß der Rektor Joachim Jungius in Hamburg (1587—1657) der erste war, der den eingewurzelten aristotelischen und alchemistischen Gedanken entgegentrat. Er lehrte u. a., daß auch die Pflanzen einen Stoffwechsel hätten, ebenso wie die Tiere, und daß sie von den vielen Stoffen des Bodens nur die für sie nützlichen aufnahmen und zu Pflanzensubstanz verarbeiteten. So war der große Name und das Ansehen des Aristoteles und anderer Naturphilosophen lange Zeit hindurch ein Hemmnis für die Weiterentwicklung der Wissenschaft.

Der als bedeutender Experimentalphysiologe bekannte Botaniker Jul. Sachs (1832—1897) sagt in seiner Geschichte der Botanik, daß die Pflanzenkunde in der Zeit zwischen dem 14. und 17. Jahrhundert, solange der Einfluß des Aristoteles vorwaltete, nicht einen Schritt weiterzubringen war. Wer gelehrt genug war, Aristoteles zu verstehen, „richtete in der Naturgeschichte der Pflanzen nur Unheil an“.

Und Adolf Mayer (geb. 1843) schreibt über den Einfluß der Naturphilosophie in seinem „Lehrbuch der Agrikulturchemie in Vorlesungen“: „Überhaupt kann das tiefe Dunkel, in welches Anfang des 19. Jahrhunderts die ganze Pflanzenernährungslehre gehüllt war, nur durch den verwüstenden Einfluß der sogenannten Naturphilosophie auf die physiologischen Wissenschaften erklärt werden ¹⁾.“

¹⁾ Es war nicht nur der Einfluß des Aristoteles, der hemmend wirkte, und es hatten nicht nur die physiologischen Wissenschaften unter dem damaligen Zeitgeist zu leiden, sondern die Naturwissenschaften überhaupt. So schrieb G. Galilei (1564—1642) erbittert an J. Kepler: „... Als ich den Professoren zu Florenz die vier Jupitertrabanten durch mein Fernrohr zeigen wollte, wollten sie weder diese noch das ihnen neue Fernrohr sehen, sie verschlossen ihre Augen vor dem Lichte der Wahrheit. Diese Gattung Menschen glaubt, in der Natur sei keine Wahrheit zu suchen, sondern nur in der Vergleichung der Bibeltexte.“ Als der Jesuit Scheiner (1611) die Sonnenflecken entdeckte, meinte sein geistlicher Vorgesetzter, es könne sich nur um Fehler der Gläser oder der Augen handeln, da er den Aristoteles zweimal durchgelesen und nichts von Sonnenflecken gefunden habe.

Auch Liebig war ein abgesagter Feind der Naturphilosophie. In einer Abhandlung „Über das Studium der Naturwissenschaften und über den Zustand der Chemie in Preußen“ (1840) schrieb er u. a. : „Versucht man dieses Geschlecht zum Sehen zu bringen, so reißen sie sich lieber die Augen aus . . . Die Thätigkeit, das Wirken der Naturphilosophen war die Pestilenz, der schwarze Tod des Jahrhunderts . . . auch ich habe diese an Worten und Ideen so reiche, an wahren Wissen und gediegenen Studien so arme Periode durchlebt, sie hat mich um zwei kostbare Jahre meines Lebens gebracht; ich kann den Schreck und das Entsetzen nicht schildern, als ich aus diesem Taumel zum Bewußtsein erwachte ¹⁾.“

3. Der Beginn selbständigen Forschens. Die Arbeiten von Palissy und van Hellmont. Die Transformationslehre

Als man dann, etwa seit dem 16. Jahrhundert, anfang, selbständig auf dem Gebiete der Pflanzenernährung zu forschen, da gelangte man zunächst zu ganz verschiedenartigen Ansichten, wie das ja in Anbetracht der damaligen unzulänglichen Kenntnisse nicht anders sein konnte.

Man versuchte anfangs ganz richtig, aus der chemischen Analyse der Pflanzen und des Düngers Rückschlüsse zu ziehen auf die Art ihrer Nahrung. Ein französischer Forscher, Bernard Palissy, veröffentlichte z. B. 1563 ein Buch „Traité des sels divers et de l'agriculture“ und vertrat darin auf Grund seiner analytischen Untersuchungen die Meinung, daß Salze die Grundlage des Lebens und Wachsens der Pflanzen sind.

Er äußerte sich z. B. über die Wirkung des Stalldüngers folgendermaßen: „Du mußt zugeben, daß du, wenn du Stalldünger auf das Feld bringst, es darum tust, um dem Boden etwas zurückzugeben, was ihm entzogen worden ist. . . . Jede Pflanze enthält eine Art Salz,

¹⁾ Hermann v. Schelling veröffentlichte kürzlich (1939) einen Aufsatz über A. v. Humboldt, in dem er u. a. mitteilt, daß Humboldt 1800 in die Preußische Akademie der Wissenschaften berufen wurde und 1827 anfang, Vorlesungen zu halten. Schelling meint: „Damit kündigte sich die Wende von der spekulativen Naturphilosophie zu den exakten Naturwissenschaften an.“

das dem Boden entnommen wurde. Wenn es dem Boden zurückgegeben wird, so wird der Boden verbessert. . . . es dient als Dünger, weil es dem Boden diejenigen Substanzen wieder zuführt, die ihm durch die Pflanzen entzogen worden sind.“

Ferner schreibt er: „Salz ist die Grundlage des Lebens und Wachstums aller Saaten.“ . . . „Der in die Felder eingeführte Dünger hätte gar keine Bedeutung, wenn er nicht das Salz enthielte, welches nach der Zersetzung des Heus und Strohs zurückbleibt.“

Das war an sich eine ganz richtige Erkenntnis, aber sie war noch unvollkommen, wie eine Vergleichung mit unserem heutigen Wissen zeigt. Palissy gibt auch nicht an, welche Salze er meint, er sagt nur allgemein, alle für die Pflanzen notwendigen Salze. Palissy gelangte zu keiner größeren Bedeutung.

Mehr Einfluß gewann der oft genannte niederländische Forscher van Hellmont (1577—1644), der anfang, wirklich zu experimentieren. In der richtigen Erkenntnis, daß es nicht genüge, Pflanzen und Dünger zu analysieren, um Aufschluß über die Art der Ernährung zu erhalten, ging van Hellmont, vielleicht als erster, in der Weise vor, daß er direkte Ernährungsversuche mit Pflanzen anstellte. Er kam dabei zu dem uns heute eigenartig anmutenden Ergebnis, daß die eigentliche Ursache der Bodenfruchtbarkeit das Wasser wäre, und daß die pflanzliche Substanz lediglich durch eine Verdichtung von Wasser entstände, und zwar mit Hilfe der sogenannten Lebenskraft (Transformationslehre).

Van Hellmont hatte nämlich einen jungen Baum in einem Gefäß wachsen lassen, das eine genau bekannte Menge Erde enthielt. Zum Begießen hatte er nur destilliertes Wasser oder Regenwasser benutzt. Als er dann nach 5 Jahren den Versuch abbrach, hatte der Baum an Gewicht 82 kg zugenommen, während das Gewicht der Erde nur um 60 g abgenommen hatte. Da man damals noch nichts von der großen Bedeutung der Kohlensäure der Luft für die Erzeugung der Pflanzensubstanz wußte, ist der Trugschluß von van Hellmont begreiflich.

Für jene Zeit war dieser Versuch jedenfalls so überzeugend, zumal er von anderer Seite, dem bekannten Chemiker R. Boyle (1626—1691), mit dem gleichen Ergebnis wiederholt wurde, daß die

Ansicht van Hellmonts viele Anhänger gewann. Ja, sie wurde noch im 18. Jahrhundert von einigen Forschern geglaubt.

Noch im Jahre 1765 konnte man in dem Buche des angesehenen Forschers „Du Hamel du Monceau“ folgende Sätze lesen: „Ich sage also, man habe starke Ursache zu zweifeln, daß die Pflanzen ihr Wachstum der Erde selbst zu danken haben, ob sie schon in gewissen fruchtbaren Böden sehr gerne wachsen.“ . . . „Gewisse Beobachtungen scheinen wirklich zu beweisen, daß Teilchen der Erde in die Pflanzen gehen. Man sieht aber auch, daß klares Wasser allein im Stande ist, an den Pflanzen ein (ziemlich) beträchtliches Wachstum hervorzubringen.“

Und er stellt dann die von Zweifel und Ungewißheit zeugende Frage: „Wie verwandelt sich nun das Wasser in Holz, in Blätter, in Rinde, in Öl, in Salz, in Gummi usw.? Hier öffnet sich ein sehr weites Feld für den Fleiß der Naturforscher!“

Diese Anschauung erinnert daran, daß schon der große ägyptische Denker Thales (640—543 v. Chr.) und seine Schüler lehrten, daß das Wasser das große und produktive Element wäre, aus welchem alle Dinge hervorgegangen sind und in welches sie endlich zurückkehren.

Lavoisier (1743—1794) war wohl der erste, der nachwies, daß die Schlüsse, die van Hellmont aus seinen Versuchen gezogen hatte, nicht stichhaltig wären.

Zweites Kapitel:

Die Humustheorie und ihre Gefährlichkeit für die Bodenfruchtbarkeit. Preisaufgabe der Akademie der Wissenschaften in Berlin über die Bedeutung der Mineralstoffe für die Pflanzen. Fortschritte der Erkenntnis durch die Arbeiten von Senebier, Ingenhous, de Saussure. Die Entdeckung der Assimilation der Kohlensäure. Stand des Wissens zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Die Göttinger Preisaufgabe über die Bedeutung der Mineralstoffe. Die Lehren von Carl Sprengel

1. Die Humustheorie

Von viel größerer Bedeutung wurde aber die Lehre, die zu Liebigs Zeiten herrschte und der sein großer Kampf galt. Das ist die sogenannte Humustheorie. Diese Lehre ist wahrscheinlich von dem schwedischen Professor Wallerius in Uppsala in der Mitte des 18. Jahrhunderts aufgestellt oder doch veranlaßt worden¹⁾.

Nach der Humustheorie nahm man im großen und ganzen an, daß die Pflanzen sich nur ernähren könnten von Stoffen, die ihnen gleichartig sind. Gleichartig der Pflanzensubstanz sei aber der Humus des Bodens, weil auch er aus organischen Substanzen bestehe, und darum sei er die Quelle der Pflanzennahrung. Man glaubte also, daß die Pflanzen imstande wären, die sich im Boden zersetzenden organischen Substanzen durch ihre Wurzeln aufzunehmen und wieder in frische Pflanzensubstanz umzuwandeln.

Die Mineralstoffe, die man in den Pflanzen findet, sah man nicht als direkte Nährstoffe an. Einige glaubten, daß sie zufällige Bestand-

¹⁾ Wallerius lehrte, daß die Pflanzen sich nur ernähren könnten von Stoffen, die ihnen ähnlich sind, „nutritio non fieri potest a rebus heterogeneis sed homogeneis“. Er nahm an, daß die in den Pflanzen gefundenen Aschenbestandteile nicht mit den Mineralstoffen des Bodens identisch wären, und daß sie von den Pflanzen aus Wasser und Luft erzeugt würden. Kalk und auch die Salze des Bodens wirken nach Wallerius dadurch, daß sie die „Fettsubstanz“ des Humus auflösen und so den Pflanzen zugänglich machen.

teile des Pflanzenkörpers wären; andere meinten, daß sie nur eine anregende Wirkung auf die Pflanzen besäßen und die eigentliche Nahrung der Pflanzen schmackhafter machten; wieder andere glaubten, daß sie das Stützgerüst der Pflanzen bildeten, ähnlich wie es bei den Knochen des Tierleibes der Fall ist. Ja, man nahm in vielen Kreisen an, daß die Pflanzen imstande wären, die in ihnen vorhandenen Mineralstoffe durch ihre sogenannte Lebenskraft selbst zu erzeugen, daß diese also gar nicht aus dem Boden aufgenommen würden.

Es wurde auch die Meinung vertreten, daß die Aschenbestandteile der Pflanzen erst bei der Verbrennung (Veraschung) der Pflanzensubstanz entstünden. Noch im Jahre 1819 war diese Frage so wenig geklärt, daß die Akademie zu Amsterdam eine hierauf bezügliche Preisaufgabe gestellt hatte. Den Preis erhielt J. F. John, der die Frage dahin beantwortet hatte, daß das Kali nicht erst durch den Akt der Verbrennung gebildet würde.

In Deutschland wurde die Humustheorie namentlich durch Albrecht Thaer (1752—1828), den großen Reformator der Landwirtschaftslehre und der praktischen Landwirtschaft, eingeführt und vertreten. Und dadurch gewann sie natürlich eine ganz besondere Bedeutung und Verbreitung.

Denn Albrecht Thaer hatte sich durch seine segensreiche Tätigkeit eine große Autorität und ein großes Ansehen erworben. Wie hoch man seine Verdienste einschätzte und anerkannte, das zeigt der Umstand, daß sein Denkmal in Berlin die Inschrift trägt: „Dem Begründer des wissenschaftlichen Landbaues das dankbare Vaterland.“

Da die Ansichten Thäers lange Zeit hindurch maßgebend waren, will ich aus seinen Schriften einige Sätze anführen, die sie deutlich erkennen lassen. In seinem berühmten Hauptwerke „Grundsätze der rationellen Landwirtschaft“ (1809—1812) und a. a. O. schreibt er unter anderem: „Obwohl uns die Natur verschiedene unorganische Materien darbietet, wodurch die Vegetation entweder mittels eines Reizes, die sie der Lebenstätigkeit geben, oder mittels ihrer zersetzenden Wirkung auf den Moder belebt und verstärkt werden kann, so ist es doch eigentlich nur der tierisch-vegetabilische Dünger, oder jener im gerechten Zustand der Zersetzung befindliche Moder (Humus), welcher den Pflanzen den wesentlichsten und notwendigsten Teil

ihrer Nahrung gibt.“ . . . „Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt eigentlich ganz von dem Humus ab, denn außer dem Wasser ist er es allein, was den Pflanzen im Boden Nahrung gibt.“ . . . „Der mineralische Dünger, wenn er keine organische Materie in sich hält, wirkt allein, oder doch größtenteils durch die Zersetzungen, die er anregt.“ . . . „Nicht unschicklich vergleichen die Engländer die den Humus zersetzenden Mineralstoffe mit Salz und Gewürz und aufreizenden Getränken.“

Thaer glaubt auch, daß die anorganischen Stoffe in der Pflanze selbst erzeugt werden können. „Die Erden (welche Bestandteile der Pflanzen sind) werden in den organischen Körpern gebildet.“ Noch im Jahre 1814 schrieb er in einer Anmerkung in dem von ihm übersetzten Buche Davys „Elemente der Agrikulturchemie“: „Die erdigen Bestandteile sind, meines Erachtens, zum Teil wesentlich integrierende Teile der Pflanzen, zum Teil zufällige. Erstere verschaffen sie sich auch da, wo keine Spur davon im Boden ist, ich lasse dahingestellt sein, ob aus den im destillierten Wasser durch Voltasche Elektrizität dargestellten Erdteilen oder durch Bildung aus anderen Elementen.“

Es ist bemerkenswert, daß um diese Zeit (1800) Erasmus Darwin, der Großvater des berühmten Charles Darwin, in seiner „Philosophy of agriculture“ schrieb: „Die sprichwörtlich fruchtbaren Ackerböden zeichnen sich insbesondere durch einen Gehalt an phosphorsaurem Kalk aus.“

Aber nicht nur Thaer, sondern auch berühmte Naturforscher, wie u. a. der Chemiker Berzelius (1779—1848) und der englische Agrikulturchemiker H. Davy (1778—1829) nahmen an, daß die Pflanzen sich von dem Kohlenstoff des Bodens, d. h. dem Humus, ernährten.

Daß die Humustheorie in der Landwirtschaft so großen Anklang fand und sich so lange hielt, das hängt wohl auch damit zusammen, daß sie der landwirtschaftlichen Erfahrung entsprach. Denn daß humusreiche Böden besonders fruchtbar sind und eine Düngung mit Stallmist gut auf das Pflanzenwachstum einwirkt, das hatte man Jahrhunderte hindurch beobachtet.

Aus der Annahme, daß der Humus die eigentliche Nahrung der Pflanzen sei, folgerte man natürlich unmittelbar weiter, daß durch

den Anbau der Pflanzen der Humus des Bodens aufgezehrt würde, und daß das Unfruchtbarwerden eines Bodens auf seiner Verarmung an Humus beruhe. Man lehrte dementsprechend, daß es Aufgabe und Zweck der Düngung wäre, dem Boden solche Dünger zuzuführen, die humusbildende Stoffe enthielten: also Stalldünger, Gründünger, Kompost und ähnliche Dünger tierischer oder pflanzlicher Herkunft.

Als mineralische Düngemittel wendete man im wesentlichen nur gebrannten Kalk, Mergel, Gips, Asche an, einmal, um dadurch die Wirkung der organischen Düngemittel zu erhöhen, und ferner, um dadurch die physikalischen Eigenschaften des Bodens zu verbessern.

Es ist klar, daß diese Verkennung der ernährungsphysiologischen Bedeutung der Mineralstoffe und ihre Vernachlässigung bei der Düngung einem Raubbau gleichkamen, der schließlich zu einer Verarmung der Böden führen mußte. Wir können die Gefahren einer solchen Wirtschaftsweise leicht ermessen, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß wir heute (im Düngerjahr 1937/38) neben Stalldünger, Gründünger, Kalk jährlich noch rund 633 000 t Stickstoff, 690 000 t Phosphorsäure, 1 156 000 t Kali in Form von mineralischen Düngemitteln anwenden müssen, um unsere Ernten auf der heutigen Höhe zu erhalten.

Und es ist weiter klar, daß man unter dem Einfluß einer solchen Lehre nur ganz erheblich geringere Ernten zu erzielen vermochte, als es heute der Fall ist.

Dieser Tatbestand ist ein weiteres Beispiel für die große praktische Bedeutung der wissenschaftlichen Forschung und Erkenntnis.

2. Preisaufgabe der Akademie der Wissenschaften in Berlin

Aber die Naturwissenschaften waren doch inzwischen soweit fortgeschritten, daß man in manchen Kreisen Zweifel hatte an der Richtigkeit der herrschenden Ansichten über die Rolle der Mineralsubstanzen im Pflanzenleben. Und man empfand die Unsicherheit der Kenntnisse so stark und hielt die Frage für so wichtig, daß die Berliner Akademie der Wissenschaften sich veranlaßt sah, in den Jahren 1795, 1796, 1797 wiederholt eine Preisaufgabe auszuschreiben, um die Frage zu klären. Sie lautete:

„Von welcher Art sind die erdigen Bestandteile, welche man durch Hilfe der chemischen Zergliederung in verschiedenen inländischen Getreidearten findet? Treten diese in solche ein, wie man sie darinnen findet, oder werden sie durch die Lebenskraft und durch die Wirkung der Hilfsmittel zum Wachstum gebracht?“

Man wollte also, mit anderen Worten gesagt, wissen, ob die Mineralstoffe durch die Pflanzen selbst erzeugt werden könnten¹⁾.

Von den eingelaufenen Arbeiten wurde die des Apothekers J. Chr. Schrader im Jahre 1799 mit dem Preise gekrönt²⁾. Aber

¹⁾ Ich habe mich bemüht, festzustellen, auf wessen Veranlassung und aus welchem Anlaß diese Preisaufgabe gestellt worden ist. Ich vermutete, daß A. v. Humboldt sie veranlaßt hätte, da er sicher für diese Frage Interesse hatte. Das ergibt sich z. B. aus der Einleitung, die er zu dem Buche von Ingenhouss' „Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens“ geschrieben hat. Er schrieb u. a.: „Auch von der Erde glaube ich, daß man sie allerdings zu den wahren Nahrungsmitteln zählen muß. Was berechtigt uns, sie bloß mechanisch als einen Stoff zu betrachten, der der Tier- und Pflanzenfaser Dichtigkeit und Starrheit gibt? Ich berühre hier nicht die Frage, welche ein kommandes Jahrhundert entscheiden wird, die Frage, ob Erdarten zusammengesetzt sind, und ob viele derselben erst während der Vegetation entstehen . . .“

Auch war es ja Humboldt, der erstmalig im Jahre 1804 eine kleine Probe Peru-Guano nach Deutschland brachte. In den Akten der Akademie habe ich aber nichts über diese Fragen finden können. Die Akten jener Jahre sind während der Franzosenzeit zum Teil unvollständig geworden. Ich habe nur feststellen können, daß die Preisaufgabe von der Physikalischen Klasse der Akademie gestellt wurde. Auch die Urschrift der Preisaufgabe habe ich nicht finden können. Aus den eingegangenen Arbeiten geht hervor, daß in den verschiedenen Jahren ihr Wortlaut etwas verschieden war. Preisrichter waren: Der Chemiker F. A. Acharde, der Oberforstmeister und Forstbotaniker von Burgsdorff, der Botaniker C. L. Willdenow, die Mediziner Walter senior und Walter junior, der Mediziner und Botaniker J. Chr. A. Mayer, der Chemiker M. H. Klaproth sowie Grel.

²⁾ Die Arbeit Schraders und ihre Beurteilung habe ich in den Akten der Akademie nicht finden können. Einige Angaben darüber finden sich in „Die chemischen Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur und Pflanzenphysiologie“ von Emil Wolff, Leipzig 1847, sowie in der Preisschrift von A. F. Wiegmann und L. Polstorff „Über die anorganischen Bestandteile der Pflanzen“, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1842. Auch der englische Agrikulturhemiker H. Davy hat in seinem Buche „Elemente der Agrikulturhemie“ (deutsche Ausgabe 1814) zu den Versuchen Schraders und Brannonots Stellung genommen. Andere eingegangene Arbeiten wurden abgelehnt. Sie wurden von einigen der Preisrichter u. a. als „elend“, „in jeder Hinsicht unter aller Kritik“, bezeichnet.

sie brachte keinen Fortschritt, denn ihr Bearbeiter kam auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Erden in den Pflanzen, ebenso wie die anderen Bestandteile derselben, durch die Vegetation gebildet werden . . . , daß die Erden keine direkten Nahrungsmittel der Pflanzen sind und nicht als solche in dieselben eingehen“.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch ein anderer Forscher namens Brancconot.

3. Fortschritte durch die Arbeiten von Ingenhous, Senebier, de Saussure. Die Entdeckung der Assimilation der Kohlensäure

Aber um dieselbe Zeit waren schon Forscher von höherem Range am Werke, durch deren Forschungen man dann ein gut Stück vorwärts kam. Es sind das namentlich J. Ingenhous¹⁾, J. Senebier und vor allem Th. de Saussure. Sie sind es auch, auf deren Arbeiten Liebig später seine Lehren wesentlich stützte.

Jan Ingenhous (1730—1789) machte die wichtige Entdeckung, daß die Pflanzen die Kohlensäure der Luft aufnehmen und unter Ausscheidung von Sauerstoff zersetzen. Auch daß die Pflanzen atmen, hat Ingenhous wohl zuerst entdeckt. Er erkannte also das Wesen der Kohlensäure-Assimilation und schuf dadurch eine der wichtigsten Grundlagen unseres heutigen Wissens. In Anerkennung dieser bedeutsamen Entdeckung trägt seine Büste in der Universität Wien die stolze Inschrift: „Er hat als Erster entdeckt, wie die Ernährung der Pflanze vor sich geht.“ Das ist aber insofern nicht ganz zutreffend, als er die Bedeutung der Mineralstoffe für die Pflanzenernährung noch nicht erkannt hatte.

Jean Senebier (1742—1809) zeigte ebenfalls, daß die Kohlensäure die Quelle des in den Pflanzen enthaltenen Kohlenstoffs ist. Die Bedeutung des Humus erblickte er darin, daß er bei seiner Zersetzung Kohlensäure liefere, die von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und den Blättern zugeleitet würde. Über die Bedeutung der Mineralstoffe hatte Senebier noch keine richtige Vorstellung und stand der Anwendung von mineralischen Düngemitteln skeptisch gegenüber.

¹⁾ Der Name wird auch Ingen-Housz geschrieben.

Auch Th. de Saussure (1767—1845), wohl der bedeutendste Pflanzenphysiologe jener Zeit, hatte experimentell festgestellt, daß die Pflanzen die Kohlensäure der Luft für ihre Ernährung benutzen können. Allerdings glaubte er, daß auch der Humus für die Ernährung der Pflanzen von Bedeutung wäre. Denn er schreibt an einer Stelle, seine Untersuchungen hätten gezeigt: „daß das Wasser und die Luft mehr zur Bildung der Trockensubstanz der Pflanzen, die auf einem fruchtbaren Boden wachsen, beitragen, als die Materie des Humus selbst, welche sie, im Wasser gelöst, durch ihre Wurzeln aufnehmen.“

Bezüglich der Mineralstoffe sagt er: Die Ansicht, daß die Pflanzen die Mineralstoffe durch eine besondere Lebenskraft erzeugen könnten, sei eine . . . verworrene Vorstellung. Die Salze würden vielmehr von den Pflanzen von außen aus dem Boden aufgenommen. Aber von der wirklichen Bedeutung der Mineralstoffe hatte de Saussure noch keine richtige Vorstellung. So schrieb er an einer Stelle:

„So gering er (d. h. der aus dem Boden stammende Teil der Pflanzennahrung) auch sei, so sei dieser Teil der Nahrung doch unentbehrlich, denn er liefere den Stickstoff . . . ferner die Aschenbestandteile, qui peuvent contribuer à former, comme dans les animaux, leur parties solides ou osseuses.“

Das ist dieselbe Ansicht, die auch der englische Agrikulturchemiker H. Davy (1778—1829) hatte. In seinem bekannten Buche: „Elemente der Agrikulturchemie“, das im Jahre 1814 in deutscher Übersetzung erschien, äußerte er sich dahin, daß es nach seiner Meinung nicht richtig sei, anzunehmen, daß die Salze lediglich die Bedeutung von Reizmitteln und Gewürzstoffen für die Pflanzen hätten.

„Es erscheint vielmehr“, so schreibt er, „der Natur der Sache ungleich angemessener zu sein, zu glauben, daß sie für die Pflanzenfaser diejenige Art von Stoff hergeben, welcher im tierischen Körper der Substanz der Knochen analog ist.“

4. Stand der Frage zu Beginn des 19. Jahrhunderts

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts war also die Sachlage im großen und ganzen folgende:

Die meisten Agrikulturchemiker und Pflanzenphysiologen nahmen zwar an, daß die Kohlensäure der Luft ein Pflanzennahrungs-

mittel sei, daß sie also der Pflanze den Kohlenstoff für den Aufbau ihrer organischen Substanz liefere. Man nahm aber auch an, daß der Humus ebenfalls für das Gedeihen der Pflanzen nötig wäre und der Pflanze als Kohlenstofflieferant diene.

Für die praktische Landwirtschaft gewann diese wissenschaftlich gewonnene Erkenntnis von der Kohlensäure-Assimilation keine Bedeutung. Man legte nach wie vor auf die direkte Ernährung der Pflanze durch den Humus das ganze Gewicht.

In bezug auf die Mineralstoffe glaubten die meisten Naturforscher zwar, daß sie aus dem Boden von der Pflanze aufgenommen würden (also nicht innerhalb der Pflanze gebildet würden), aber es bestand über die Rolle und Bedeutung der Mineralstoffe doch noch große Unsicherheit, und deshalb hatten auch alle wissenschaftlichen Forschungen über die Mineralstoffaufnahme keine praktischen Folgen. Das heißt also: in der Landwirtschaft herrschte nach wie vor die Humustheorie, so groß war der Glaube an sie, trotzdem sie auf einem so großen Irrtum beruhte.

Man düngte nicht viel anders, als wie man es schon vor Jahrhunderten getan hatte. Es wurden im großen und ganzen nur Stalldünger, Mergel, Asche, Kalk zur Düngung verwendet. Hier und da war auch die Gründüngung bekannt.

5. Die Göttinger Preisaufgabe

Wie sehr man aber in wissenschaftlichen Kreisen wünschte, aus der Unsicherheit heraus und zu einer klaren Erkenntnis zu kommen, das zeigt der Umstand, daß im Jahre 1838 in dem Organ der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen: „Göttingische gelehrte Anzeigen“, wiederum eine Preisaufgabe ausgeschrieben wurde, um über die Rolle der Mineralstoffe in den Pfläuzen Aufschluß zu erhalten. Sie lautete:

„Sind die sogenannten anorganischen Elemente, welche sich in der Asche finden, so wesentliche Bestandteile des vegetabilischen Organismus, daß dieser sie zu seiner völligen Ausbildung bedarf, und werden sie den Gewächsen von außen dargeboten“¹⁾.

¹⁾ Man findet im Schrifttum meist die Angabe, daß diese Preisaufgabe von der Akademie der Wissenschaften in Göttingen oder von der Universität

Es handelt sich also um genau dieselbe Frage, die bereits in den Jahren 1795—1797 von der Berliner Akademie der Wissenschaften gestellt worden war. Dieser Umstand charakterisiert zur Genüge die Lage der Dinge.

6. Die Lehren von Carl Sprengel

Nun ist folgendes bemerkenswert:

Zu derselben Zeit und bevor noch diese Preisaufgabe beantwortet wurde, veröffentlichte der Professor Carl Sprengel (1787—1859) in Braunschweig einige Bücher, in denen er sich mit großer Klarheit und Bestimmtheit über die Rolle und Bedeutung der Mineralstoffe aussprach. Schon 1837 hatte er in seinem Buche über Bodenkunde (im Gegensatz zur Humustheorie) die Ansicht vertreten, daß die Unfruchtbarkeit mancher Ackerböden auf ihren Mangel an gewissen Mineralstoffen zurückzuführen wäre. Noch deutlicher aber sprach er sich 1839 in seinem Buche „Die Lehre vom Dünger“ über die große Bedeutung der Mineralstoffdüngung für den Ackerbau aus. Er schrieb u. a.: „Nach der Meinung vieler Naturforscher sollen zwar bloß der Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff zu den wirklichen Nahrungsmitteln der Pflanzen gehören, so daß man, wenn man auch mehrere mineralische Stoffe in ihnen findet, diese doch immer als nur zufällig vorhanden zu betrachten habe . . .“

„Es wird auch wohl behauptet, die Pflanzen haben das Vermögen, die in ihnen befindlichen mineralischen Stoffe aus Kohlenstoff und Stickstoff zu bilden oder selbige durch ihre Lebenskraft in mineralische Körper umzuwandeln; hierbei stützt man sich zwar auf einige vor längerer Zeit angestellte Versuche, allein . . . sie verdienen gar kein Interesse und beweisen durchaus nicht das, was sie beweisen sollen.“

„Mit Gewißheit können wir dagegen annehmen, daß sie (d. h. die Mineralstoffe) allen Gewächsen auch zur wirklichen Nahrung dienen und zu ihrer chemischen Konstitution ebenso wesentlich erforderlich

Göttingen gestellt worden wäre. In Wirklichkeit ist sie veranlaßt worden von einem ungenannten Freunde der Wissenschaft. Die Preisrichter waren die Professoren F. G. Bartling, A. A. Berthold, Fr. Wöhler.

sind als der Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff der organischen Düngematerialien. Der unrichtigen Ansicht über den Wirkungswert der Mineralien opfert man in der Tat schon seit langer Zeit bedeutende Vorteile, denn unleugbar würde man die Pflanzkultur mit einem viel größeren Erfolge betreiben, wenn man dabei von dem Grundsatz ausgehe, die Pflanzen müßten alle und jede Mineralien, die wir in ihnen finden, auch in hinreichender Menge im Boden antreffen!“

Und an anderer Stelle:

„Als Beweis, daß das Gedeihen der Pflanzen hauptsächlich von den mineralischen Körpern des Bodens abhängt, lassen sich so viele Tatsachen anführen, daß man ganz in Vorurteilen befangen sein müßte, wenn man sie nicht als den streitigen Gegenstand völlig entscheidend betrachten wollte.“

Ferner wies er darauf hin, daß der Mineralstoffgehalt des Stalldüngers für die Ernährung der Pflanzen nicht ausreicht.

Hinsichtlich der Kohlenstoffernährung glaubte Sprengel, daß zwar die Kohlensäure der Luft die Hauptquelle für die Bildung der organischen Substanz wäre, daß die Pflanzen aber auch den Humus dazu verwendeten.

Wir sehen also, daß C. Sprengel die Bedeutung der Mineralstoffe für die Pflanzen vollkommen richtig erkannt hat.

Und ähnlich wie Sprengel dachten und schrieben auch noch andere Naturforscher, z. B. Rückert, Lampadius, Boussingault und andere.

Es ist nun wieder merkwürdig und charakteristisch, daß auch Sprengel mit seinen Lehren nur wenig Beachtung und Anklang fand, trotzdem sie für die Praxis von so großer Bedeutung waren, und trotzdem Sprengel nachdrücklich auf den praktischen Nutzen derselben hinwies. Er schrieb: „Hätten die Landwirte überhaupt eine richtigere Kenntnis von der Ernährung der Pflanzen, so würden sie die Pflanzenproduktion schon zu einer Höhe gebracht haben, worüber sie selbst erstaunen müßten.“

Drittes Kapitel:

Das Auftreten von Justus Liebig und seine Bekämpfung der Humustheorie. Seine Lehren, Anhänger und Gegner. Die Lösung der Göttinger Preisaufgabe liefert den experimentellen Nachweis der Unentbehrlichkeit der Mineralstoffe für die Pflanzen. Vergleichung der Lehren Liebigs mit denen seiner Vorgänger. Liebigs überragende Persönlichkeit und bleibendes Verdienst.

1. Die Lehren Liebigs

Es wäre wohl noch lange beim alten und beim Glauben an die Humustheorie geblieben, wenn nicht in jener Zeit der Mann auf dem Kampfplatz erschienen wäre, der berufen war, der große Reformator der Landwirtschaft zu werden: Justus Liebig.

Was lehrte nun Liebig? Ich will das, soweit wie möglich, mit seinen eigenen Worten schildern. Er lehrte, daß es falsch wäre, zu glauben, daß der Humus den Pflanzen die Stoffe zum Aufbau ihres Pflanzenkörpers liefere. „Die ersten Quellen der Nahrung liefert ausschließlich die anorganische Natur.“ Das ist einer der ersten Sätze seines Buches, der zugleich das Gegenteil von der alten Lehre ist. Er schrieb weiter: „Kohlensäure, Ammoniak und Wasser enthalten in ihren Elementen die Bedingungen zur Erzeugung aller Thier- und Pflanzenstoffe, Kohlensäure, Ammoniak und Wasser sind die letzten Produkte ihrer Fäulnis und Verwesung. Alle die zahllosen, in ihren Eigenschaften so unendlich verschiedenen Produkte der Lebenskraft nehmen nach dem Tode die ursprünglichen Formen wieder an, aus denen sie gebildet worden sind. Der Tod, die völlige Auflösung einer untergegangenen Generation ist die Quelle des Lebens für eine neue.“

Der Humus ist also, nach Liebigs Ansicht, nicht ein direkter Kohlenstoff- und Stickstofflieferant für die Pflanzen. Daß der Humus

als solcher den Pflanzen nicht den nötigen Bedarf an Kohlenstoff liefern kann, zeigte Liebig an dessen Eigenschaften.

Denn einmal sei der Humus im Wasser fast unlöslich, er könne deshalb von den Pflanzen nicht oder doch nur in unbedeutenden Mengen aufgenommen werden. Auch könne man beobachten, daß Böden mit verschieden großem Humusgehalt unter Umständen fast gleich hohe Ernten lieferten, also auch gleich große Mengen von Kohlenstoff. Ferner sei es Tatsache, daß der Humusgehalt der Böden durch den Anbau von Pflanzen nicht verringert, sondern vermehrt würde.

Dem berühmten Forscher Berzelius, der sich gegen seine Lehren ausgesprochen hatte, schrieb er u. a.: „Siehe den Wald an oder die Wiese und sage mir, wo auf dem Sandboden, der keine Spur Humus enthält, nach 100 Jahren der Kohlenstoff hergekommen ist, den Du als Holz wegnehmen kannst.“

„Der Kohlenstoff der Vegetabilien muß daher nothwendiger Weise aus einer anderen Quelle stammen, und da es der Boden nicht ist, der ihn liefert, so kann diese nur die Atmosphäre sein . . .“ „In der Atmosphäre existiert nun aber der Kohlenstoff nur in der Form von Kohlensäure, also in der Form der Sauerstoffverbindung.“ „Die Pflanzen eignen sich den Kohlenstoff an, indem sie die Kohlensäure durch ihre Blätter und grünen Theile aufnehmen und in der Weise zerlegen, daß der Kohlenstoff Bestandtheil der Pflanzen wird, während das Sauerstoffgas ausgehaucht wird.“

Liebig erschaute auch schon richtig den großen Kreislauf des Kohlenstoffs in der Natur und den Zusammenhang zwischen dem Lebensprozeß der Pflanzen und Tiere, oder wie wir auch sagen können: zwischen dem Assimilationsprozeß und dem Dissimilationsprozeß. „Ein ebenso erhabener als weiser Zweck hat das Leben der Pflanzen und Thiere auf eine wunderbar einfache Weise aufs engste an einander geknüpft . . . die Existenz der Thiere ist ausschließlich an die Gegenwart der Pflanzen gebunden. . . . alle übrigen Verhältnisse gleich gesetzt, athmen die Thiere Kohlenstoff aus, die Pflanzen athmen ihn ein, das Medium in dem das geschieht, die Luft, kann in ihrer Zusammensetzung nicht geändert werden . . .“ Von dem wirklichen

Wesen der Atmung als einen physiologischen Prozeß hatte Liebig noch keine richtige Vorstellung. Er sah ihn mehr als einen rein chemischen Oxydationsprozeß an.

Die Bedeutung des Humus für die Kohlenstoffernährung besteht nach Liebig nur darin, daß er bei der Zersetzung Kohlensäure liefert.

In bezug auf die Stickstoffernährung der Pflanzen lehrte Liebig: „Aller Stickstoff der Pflanzen hat einen Ursprung: die Atmosphäre, und diese empfängt ihn aus der Zerstörung, der Fäulniß der organischen Materie, alle stickstoffhaltigen Düngemittel wirken nur dadurch günstig auf die Vegetation ein, daß durch Fäulniß und Verwesung ihr Stickstoff in Ammoniak und Salpetersäure verwandelt wird, der animalische Dünger wirkt als Stickstoffquelle nur durch Ammoniakbildung . . .; und kein Schluß kann wohl besser begründet sein als der, daß das Ammoniak der Atmosphäre es ist, welches den Pflanzen ihren Stickstoff liefert . . .“ Liebig meinte auch, daß die Stickstoffmenge, die die Pflanze aus der Atmosphäre empfängt, für ihre Stickstoffernährung ausreichend wäre. Das war ein wunder Punkt seiner Lehre. Und wenn Liebig im Kampfe gegen die Humustheorie als solche manche Mitkämpfer, namentlich auch unter den Agrikulturchemikern, gefunden hatte, so kam es wegen dieser seiner Behauptung zu sehr heftigen Auseinandersetzungen. Es waren zum Teil Männer mit glänzendem Namen, mit denen Liebig die Klängen kreuzen mußte, so Adolph Stöckhardt (1809—1886), Emil Wolff (1818—1896), Gilbert, Boussingault (1802—1887). Sie vertraten Liebig gegenüber die Meinung, daß dem Acker aus der Atmosphäre bei weitem nicht genug Stickstoff zuflösse, und daß der Landwirt gerade auf die Stickstoffdüngung das Hauptaugenmerk richten müsse. Das ist auch unsere heutige Ansicht. Wir wissen, daß die Stickstoffmenge, die durch die Niederschläge in den Boden gelangt, nur etwa 5 bis 10 kg Stickstoff je Jahr und Hektar beträgt und daß alle unsere Kulturböden, mit Ausnahme der Niederungsmoorböden mit Stickstoff gedüngt werden müssen. Der Streit zwischen Liebig und seinen agrikulturchemischen Widersachern endete erst im Jahre 1862, indem Liebig in der siebenten Auflage seines Buches sehr bedeutsame Zugeständnisse machte. Er gab sie allerdings nicht direkt zu, aber in Wirklichkeit waren sie vorhanden.

Liebig hat in diesen Jahren außerordentlich schwer kämpfen müssen, denn weil die Stickstoffdüngung den praktischen Erfolg für sich hatte, glaubten manche, die Liebigschen Lehren überhaupt als falsch hinstellen zu können. Es kam hinzu, daß ein auf Grund seiner Lehren hergestellter sogenannter „Patent-Dünger“ sich als ziemlich wirkungslos erwies¹⁾. Der Grund dafür war, was Liebig später selbst erkannte, daß der Dünger die Nährstoffe in schwerlöslicher Form enthielt, was mit Absicht geschehen war, damit sie nicht aus dem Boden ausgewaschen würden. Man kannte damals noch nicht die große Bedeutung der Bodenadsorption für die Pflanzenernährung, die erst später klargestellt wurde.

Es ist ein hohes Verdienst, daß Liebig in jener Zeit durchhielt und nicht den Glauben an die Richtigkeit seiner Lehre und den Mut verlor.

Wie schon vor ihm Saussure, Sprengel u. a., erkannte auch Liebig die Bedeutung gewisser Mineralstoffe für die Pflanzen, aber weitergehend als seine Vorgänger, hielt er sie nicht nur für notwendig, weil sie Bestandteile der Pflanzen sind, sondern er versuchte auch schon ihre physiologischen Funktionen in der Pflanze zu begreifen²⁾. Der große Gegensatz zwischen Liebig und den Vertretern der Humustheorie und die große Bedeutung, die Liebig den Mineralstoffen beimaß, zeigt sich auch in seiner Beurteilung des Stalldüngers.

Die anorganischen Stoffe sind, so lehrte Liebig, die wirklichen Nahrungsmittel der Pflanzen, und der Fruchtbarkeitszustand eines Bodens hängt ab von der Menge der in ihm enthaltenen Mineralstoffe.

Er sagte: Der Stallmist, die Exkremete der Menschen und Tiere wirken nicht durch ihre organischen Bestandteile auf die Pflanzen ein, sondern indirekt durch die Produkte ihres Fäulnis- und Ver-

¹⁾ Ganz besonders fielen die Gegner seiner Lehren über Liebig her, als er das Wort Raubbau gebraucht hatte. Es gab manche Perioden, in denen Liebig ziemlich vereinsamt dastand.

²⁾ Liebig hat später auch darüber Angaben gemacht, welche anorganischen Stoffe er als Nahrungsmittel ansieht. Er schreibt: „Die für unsere Pflanzen wesentlichsten sind Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Kali, Natron, Kalk, Bittererde (= Magnesiumsulfat), Eisen, Kochsalz. Aus Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure), Schwefelsäure und Wasser entstehen ihre verbrennlichen Bestandtheile.“

wesungsprozesses. Der organische Dünger läßt sich demnach ersetzen durch die anorganischen Verbindungen, in welche er im Boden zerfällt. „Die Wirkung der thierischen Excremente ist ersetzbar durch Materien, die ihre Bestandtheile enthalten . . . In welcher Form der Wiederersatz der dem Boden entzogenen Nährstoffe erfolgt, ob in der Form von Excrementen, oder von Asche und Knochen, diess ist ziemlich gleichgültig.“ Diese Ansicht ist rein theoretisch insofern richtig, als alle Pflanzen von rein anorganischen Stoffen leben können. Praktisch bedeutet sie aber eine unrichtige Einschätzung des Stalldüngers für den Fruchtbarkeitszustand des Bodens.

Nachdem Liebig das Wesen der Pflanzenernährung klar erkannt hatte, erkannte er auch die Gefahren, die dem Boden und damit dem Volke durch eine falsche Bewirtschaftung der Böden drohen, und er versuchte mit aller Kraft auf diese Gefahren hinzuweisen, um sie abzuwenden. Er schrieb: „Die Höhe des Ertrages eines Feldes hängt ab von der Summe der darin vorhandenen Bedingungen der Fruchtbarkeit; die Dauer der Erträge hängt ab von dem Gleichbleiben dieser Summe.“ „Die Aufgabe des Landwirts besteht nicht allein darin, die höchsten Erträge von seinem Felde zu gewinnen, sondern sein Ziel soll auf die ewige Dauer und die Wiederkehr dieser höchsten Erträge gerichtet sein. . . . Ein Verkauf der Feldfrüchte, ohne Ersatz der in ihnen ausgeführten Mineralstoffe ist einem Verkauf eines Theiles des Feldes gleich zu achten, eine solche Wirthschaft trägt mit Recht den Namen einer Raubwirthschaft, die schließlich bei ununterbrochener Fortsetzung zur Verarmung, zum Unfruchtbarwerden ganzer Länder führen muß.“ . . . „Dieser Ersatz geschieht durch den Dünger . . . Der in einer Wirthschaft produzierte Dünger ist nicht ausreichend, um die Fruchtbarkeit dauernd zu erhalten . . . Als Prinzip des Ackerbaues muß angesehen werden, daß der Boden im vollen Maße wieder erhalten muß, was ihm genommen wird . . .“

Liebig dachte, daß dieses namentlich auch in der Weise geschehen könne, daß die Exkremente der Stadtbewohner der Landwirtschaft wieder nutzbar gemacht würden.

Wenn Liebig von einer Raubwirthschaft sprach, die in jener Zeit betrieben wurde, so war das insofern berechtigt, als bei der

damaligen Wirtschaftsweise den Böden wohl in der Regel mehr Nährstoffe entzogen als ihnen wieder durch die Düngung zugeführt wurden. Das können wir heute auf Grund unserer Kenntnis des Nährstoffhaushaltes der Böden mit Sicherheit annehmen. Aber andererseits ist es in manchen Fällen berechtigt, eine solche „Raubwirtschaft“ zu treiben. Wir tun das auch heute noch mit vollem Bewußtsein in allen jenen Fällen, in denen der Boden von Haus aus so reich an einem Nährstoff ist, daß sein Wiederersatz zwecklos ist. Ein solcher Wiederersatz ist nur dann angezeigt, wenn das betreffende Feld nicht mehr von sich aus reich genug an Nährstoffen ist. Die Forderung Liebig's war also in ihrer Allgemeinheit zu weitgehend und war auch zu starr, zu rezeptmäßig. Es war berechtigt, daß sie abgelehnt wurde. Aber man muß bedenken, daß man damals noch nicht über sichere Methoden verfügte, um das wirkliche Düngungsbedürfnis der Böden zu erkennen. Heute sind wir mit allen Kräften bemüht, unsere Böden nicht an irgendwelchen Nährstoffen verarmen zu lassen, und haben Organisationen geschaffen, um den Nährstoffgehalt unserer Böden ständig zu überwachen. Dann verdanken wir Liebig eine weitere sehr wichtige Erkenntnis. Er lehrte, daß alle Nährstoffe für die Pflanzen gleichwertig sind, und daß der Ertrag eines Feldes deshalb abhängig ist von demjenigen Nährstoff, welcher in geringster Menge in aufnehmbarem Zustande im Boden enthalten ist. Das ist der Grundgedanke des nach Liebig benannten Gesetzes vom Minimum, das dann bis in die neuere Zeit viel zitiert, erweitert und interpretiert worden ist. Es ist noch heute von besonderer Wichtigkeit und eine der Grundlagen einer rationellen Düngung.

Auch auf dem Gebiete der Bodenkunde schuf Liebig neue Schau. Wir verdanken es ihm, daß er die Adsorptionsvorgänge im Boden in ihrer großen Bedeutung für die Pflanzenernährung und Düngung erkannte und auswertete. Fr. Stohmann nannte diese Erkenntnis den Schlußstein, der dem Liebig'schen Lehrgebäude noch gefehlt hätte, und H. Grouven bezeichnete sie als den „für ihn wertesten Teil des Buches“ (einer späteren Arbeit), wodurch Liebig die Bodenkunde in fruchtbare Bahnen gebracht hätte. Seit dieser Zeit erkannte man u. a., daß die Pflanzen nicht nur die in der Bodenflüssigkeit gelösten Nährstoffe aufnehmen können, sondern daß sie

auch aktiv (durch Ausscheidung von Kohlensäure) an der Löslichmachung der ungelösten Nährstoffe beteiligt sind. Man erkannte auch, daß die Bodenadsorption nützlich wirkt, weil sie die Nährstoffe vor der Auswaschung schützt. Auch die Fruchtfolge, Wechselwirtschaft, Bodenmüdigkeit sah man jetzt mit anderen Augen an, indem man sie in Verbindung mit der Bodenadsorption betrachtete und erklärte. Die Erkenntnis der Bodenadsorption gab auch die Erklärung für die Unwirksamkeit des von Liebig hergestellten Patentdüngers. Er hatte nämlich die in ihm enthaltenen Nährstoffe absichtlich unlöslich gemacht, „weil sonst der Regen sie entführe! Ich wußte damals noch nicht, daß die Erde sie festhalte, soweit ihre Lösungen damit in Berührung kommen!“ „Ich war, nachdem ich den Grund wußte, warum meine Dünger nicht wirkten, wie ein Mensch, der ein neues Leben empfangen hat, denn mit diesem waren auch alle Vorgänge des Feldbaues erklärt . . .“

Wie schon auf anderen Gebieten, fand Liebig auch hier manche Tatsachen vor. Aber man wußte sie nicht recht zu verwerten, und erst Liebig war es, der diese Erscheinungen nach gründlichen eigenen Studien in ihrer ganzen Tragweite erkannte. Und dann war Liebig ganz allgemein der große Lehrmeister, der die Landwirtschaft lehrte, naturwissenschaftlich zu denken. Das war ja von vornherein eines der Ziele, die er mit der Herausgabe seines Buches verfolgte.

Er forderte, daß man solche komplexen Begriffe, wie Boden, Dünger, Fruchtbarkeit, in die einzelnen Faktoren, aus denen sie bestehen, zerlegen müsse, wenn man weiterkommen wolle in ihrer Erkenntnis und Beurteilung. So müsse man bei der Untersuchung und Beurteilung des Bodens z. B. unterscheiden: einmal die einzelnen Pflanzennährstoffe, die er enthält, ferner seine physikalischen und chemischen Eigenschaften usw.

Das sind Forderungen, die heute zur selbstverständlichen Grundlage unseres Denkens und Handelns geworden sind.

2. Die Lösung der Göttinger Preisaufgabe

Als Liebig seinen Kampf gegen die Humustheorie aufnahm, da fehlte noch der experimentelle Beweis dafür, daß die Pflanzen lediglich die Mineralstoffe zu ihrem Leben benötigten, und daß sie

nicht innerhalb der Pflanzen erzeugt würden. Dieser Beweis wurde von den beiden Bearbeitern der schon erwähnten Göttinger Preisaufgabe A. F. Wiegmann und L. Polstorff erbracht¹⁾. Die mit dem Preise gekrönte Schrift ist 1842 unter dem Titel „Über die anorganischen Bestandteile der Pflanzen usw.“ erschienen²⁾. Es ist aber zu beachten, daß die Untersuchungen von Wiegmann und Polstorff bereits vor dem Erscheinen des Liebigschen Buches den Preisrichtern eingereicht worden sind, und zwar schon vor dem 1. Januar 1840, der als Termin gesetzt worden war.

Auf Grund ihrer sehr sorgfältigen Untersuchungen kamen die Bearbeiter der Preisaufgabe zu dem Schluß, daß „es hinlänglich erwiesen zu sein scheint, daß die Pflanzen nur solche unorganischen Substanzen enthalten, die denselben von außen dargeboten werden; und ferner, daß, wenn solche unorganischen Substanzen, die zu ihrer Konstitution gehören, nicht in hinreichender Menge vorhanden sind, oder mit anderen Worten gesagt, wenn sie an den Prozessen, die während der Vegetation vorgehen, keinen hinreichenden Anteil mehr nehmen können, die Vegetation gestört wird, und die Pflanzen von diesem Punkte an den Gesetzen der anorganischen Natur anheimfallen“.

3. Vergleichung der Lehren Liebig's mit denen seiner Vorgänger

Wenn man die Lehren Liebig's vergleicht mit dem, was schon zu seiner Zeit bekannt war, dann ergibt sich, daß Liebig zunächst nicht allzuviel Neues lehrte. Man kann dafür Liebig selbst als Zeugen anführen. Denn er schreibt in der Einleitung seines Buches, das er Alexander von Humboldt widmete: „... Das kleine Werk, welches ich mir die Freiheit nehme Ihnen zu widmen, ich weiß kaum, ob ein Teil davon mir als Eigentum gehört.“

Das ist insofern richtig, als Liebig in der Tat seine Lehren weitgehend auf den Forschungen seiner Vorläufer aufbaute. Wenn dem

¹⁾ A. F. Wiegmann war Professor, L. Polstorff Apotheker in Braunschweig.

²⁾ Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1842.

aber so ist, dann taucht natürlich sofort die Frage auf: worin ist dann die große Bedeutung Liebig's begründet?

Wie kommt es, daß gerade er und seine Lehren zu einer so großen Bedeutung gelangten, daß wir gerade ihn als den großen Schöpfer und Lehrmeister einer neuen Lehre von der Ernährung der Pflanzen preisen?

Wie ist es zu verstehen, daß wir von seinem Auftreten an eine neue Epoche datieren, warum nicht nach der Verkündung der Lehren Sprengel's, der ihm doch am nächsten stand?

Das hat mehrere Gründe. Zunächst ist zu sagen, daß Liebig doch in mancher Beziehung über alle seine Vorgänger hinausging. Denn keiner hat vor ihm so klar die praktische Bedeutung der Kohlensäure-Assimilation erkannt wie er und gelehrt, daß die Pflanzen ausschließlich von der Kohlensäure der Luft und gewissen Mineralstoffen leben könnten.

Das war ein entscheidender Fortschritt.

Und wenn es auch richtig ist, daß sich Liebig sonst bei seinen Lehren wesentlich auf das schon vorhandene Wissen stützte, so kann das seinem Verdienste keinen Abbruch tun. Denn es kommt entscheidend darauf an, was er aus diesem Material machte, und es kommt hinzu, daß die vorliegenden Forschungsergebnisse sich zum Teil widersprachen und deshalb als unsicher galten. Es ist deshalb sein unbestrittenes Verdienst, daß er in genialer Schau als erster den Zusammenhang des bisher Erforschten erkannte, daß er mit seinem umfassenden Wissen die vorliegenden Forschungsergebnisse ordnete, sichtetete, ergänzte und daraus dann sein Lehrgebäude aufbaute.

Das hat keiner vor ihm getan und vielleicht auch nicht gekonnt. Liebig machte mit anderen Worten, wie einst (1899) H. Gronau schrieb, das tote agrikulturchemische Wissen lebenskräftig.

So schätzen auch andere wirklich sachkundige Agrikulturchemiker die Bedeutung Liebig's ein.

Friedr. Stohmann (1832—1897), ein namhafter Agrikulturchemiker und Zeitgenosse Liebig's, der sich eingehend mit dessen Arbeiten beschäftigt hat, schrieb z. B.: „Man hat geglaubt, Liebig

einen Vorwurf daraus machen zu dürfen, daß er Thatsachen, die Andere vor ihm erkannt hatten, benutzt habe. Wohl waren Pristley, Ingenhous, Sennebler, Saussure, Sprengel, Bronner, Huxtable, Thompson, Way vor Liebig. Was nutzte aber die Kenntniss der Zersetzbarkeit der Kohlensäure durch die grünen Pflanzen, so lange sie von der Irrlehre des Humus begleitet war; welche Bedeutung hatte das Vorkommen der Phosphorsäure, des Kalks in den Pflanzen, so lange man noch nicht einig darüber war, ob diese Stoffe nicht auch in den Pflanzen durch die Lebenskraft erzeugt werden könnten, welche Bedeutung hatten die Beobachtungen der Absorptionsfähigkeit des Bodens vor Liebig. Es waren interessante Facta. Liebigs Verdienst wird es immer bleiben, diese einzelnen Thatsachen ihrer ganzen Tragweite nach erkannt, das Richtige vom Unrichtigen gesondert, das Zerstreute gesammelt und zu einem großen in allen seinen Theilen harmonisch gegliederten Bau geordnet zu haben.“

Und ähnlich urteilten nach ihm andere Agrikulturchemiker von Ruf, wie u. a. Adolf Mayer, der geistvolle Verfasser der „Vorlesungen über Agrikulturchemie“, und Paul Wagner (1843—1930). Adolf Mayer, der Liebig einst heftig befehdet hat, sagte, daß diese naturwissenschaftliche Erkenntnis ihn ohne Zweifel über seine Zeitgenossen erhob und zu einem wirklichen Reformator der physiologischen Wissenschaft gemacht habe.

Die Wissenschaft wird ja nicht nur gefördert durch das Auffinden neuer Tatsachen, sondern auch durch die Verarbeitung des vorhandenen Materials zu einem systematischen Wissen. Diese Fähigkeit, die Einzelforschungen zu einem Gesamtbilde zu verknüpfen, findet man gerade bei hervorragenden Persönlichkeiten. Nietzsche sagte einst: „Alle Großen waren große Arbeiter, unermüdlich nicht nur im Erfinden, sondern auch im Verwerfen, Sichten, Umgestalten, Ordnen.“ Das trifft auch für Liebigs Wirken zu. Es ist interessant, daß Liebig selbst über diese wissenschaftliche Tätigkeit ähnlich dachte. In einer Rede über „die Entwicklung der Ideen in der Naturwissenschaft“ (1866) zitierte er die Ansichten des Aristoteles, der gelehrt hat, erst müsse man Tatsachen sammeln, die Dinge kennenlernen, jede einzeln betrachten und sie dann denkend zu verbinden suchen, und er bemerkt dazu: „Das sind die Hauptgrundsätze der Forschung, welche der größte Weise des Altertums uns hinterlassen hat; sie haben noch heute die Geltung, die sie vor 2000 Jahren hatten.“

Liebig hat selbst einmal zu dem Vorwurf, daß er nur schon Bekanntes wiederholt habe, Stellung genommen und gesagt, er habe ganz einfach versucht, in ein dunkles Zimmer ein Licht zu stellen. Alle Möbel waren darin vorhanden, auch Werkzeuge und Gegenstände der Bequemlichkeit und des Vergnügens; aber alle diese Dinge waren für die Gesellschaft, die dieses Zimmer zu ihrem Nutzen und Vorteile gebrauchte, nicht klar und deutlich sichtbar. „Nachdem nun jeder Gegenstand einen Theil von dem wenn auch schwachen Lichte empfangen hatte, so schreien nun viele, daß das Licht in dem Zimmer nichts Wesentliches geändert habe. Der eine hatte dies, der andere jenes schon gekannt und benutzt, zusammen hatten alle das Vorhandene schon gefühlt und betastet.“

Aber Liebig war nicht nur der große Baumeister, der aus den vorhandenen Bausteinen sein neues Lehrgebäude baute, sondern er hat noch manche Steine, und darunter bedeutende Ecksteine, selbst herbeischaffen müssen.

Und nicht allein diese wissenschaftliche Leistung ist das große Verdienst Liebig's. Es kommt noch hinzu der schwere Kampf, den er führen mußte, um seine Lehren gegen die Anhänger der Humustheorie durchzusetzen. Ich erwähnte schon, daß Liebig und seine Lehren zunächst vielfach angegriffen wurden, besonders auch von einigen Vertretern der Landwirtschaft. Das ist verständlich, denn einmal konnten sie den naturwissenschaftlich ausgerichteten Ideen Liebig's nicht folgen und dann gab er ihnen auch in einigen landwirtschaftlichen Fragen manchen Anlaß zu einer berechtigten Kritik. Liebig war ja kein Landwirt und gab sich einige Blößen. Es kam hinzu, daß er die Bedeutung der Mineralstoffe für die Düngung zu einseitig betonte und nicht genügend würdigte, daß die organischen Dünger, wenn auch nicht direkt, so doch indirekt für den Fruchtbarkeitszustand eines Bodens von großer Bedeutung sind. Auf den Streit wegen der Bedeutung des Stickstoffs wies ich schon hin.

Zunächst hatte Liebig Jahre hindurch zu den Angriffen seiner Gegner geschwiegen und während dieser Zeit an dem weiteren Ausbau und der Verbesserung seiner Lehren gearbeitet. Seine Gegner glaubten schon, dieses Schweigen als ein Zugeständnis seiner Nieder-

lage deuten zu dürfen. Dann aber nahm Liebig den Kampf auf und kämpfte mit seiner großen Leidenschaft und den scharfen Waffen seines großen Wissens so lange für seine Lehren, bis er seine Gegner niedergerungen und seine Lehren zur Anerkennung gebracht hatte ¹⁾).

Daß Liebig diese Leistung vollbrachte und damit die gefährliche Humustheorie beseitigte, die ja zu einer allmählichen Erschöpfung des Bodens führen mußte, das ist sein weiteres großes Verdienst. Daß ihm diese große Tat aber gelang, das liegt in der ganzen Persönlichkeit Liebig's begründet, die wesentlich anders geartet war als die von Karl Sprengel, seinem unmittelbaren Vorläufer.

Sprengel war gewiß ein ausgezeichnete Forscher, und seine Werke waren von größter Bedeutung und ein großer Fortschritt. Aber Sprengel war doch nur Fachgelehrter und in weiteren wissenschaftlichen Kreisen ziemlich unbekannt. Seine Werke wurden nur in den nächsten Fachkreisen gelesen und fanden dort nicht die verdiente Anerkennung. Um aber seine Ansichten der Welt aufzuzwingen, dazu war Sprengel nicht der Mann.

Bei Liebig war das alles ganz anders. Als Liebig sein Werk „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ veröffentlichte, da hatte er sich bereits durch glänzende wissenschaftliche Leistungen einen großen Namen gemacht, er war ein berühmter Mann. Aus allen Ländern kamen die Schüler in seinen Hörsaal und in sein Laboratorium. Er war Mitglied sehr vieler wissenschaftlicher Akademien des Inlandes und Auslandes.

Schon aus diesem Grunde mußten seine Lehren eine große Beachtung finden. Man konnte sie wohl bekämpfen, aber man konnte sie nicht unbeachtet lassen. Und es kam hinzu, daß Liebig ein großer Stilist, ein Meister der Sprache war. Seine Schriften waren glänzend geschrieben und zwangen die Leser schon durch die vollendete und fesselnde Darstellung und nicht allein durch ihren Inhalt in ihren Bann.

¹⁾ Walz nannte ihn „einen Mann, der seine Lehren wie Mohamed mit Feuer und Schwert zu verbreiten sucht.“

Außerdem besaß Liebig in hohem Maße die seltene Gabe und Kunst, die Wissenschaft im besten Sinne zu popularisieren und sie so in weite Kreise zu tragen¹⁾.

Wie sehr Liebig es verstand, überzeugend zu schreiben, dafür ist sein Freund Wöhler (1800—1882) ein Zeuge, der ihm einmal schrieb: „Ich fürchte mich vor Deinem merkwürdigen Talent, in Meinungssachen zu verführen und hinzureißen.“ Auch ist es interessant, wie H. Grouven, ein Zeitgenosse Liebigs, den Eindruck schildert, den Liebigs Buch auf die Landwirte machte. Er schreibt: „Wenn zum Beispiel so ein großer Gutsbesitzer oder Domänenpächter, welche als gebildete Landwirthe par excellence dastehen und als tonangebend gelten, auch noch so wenig Neigung und Zeit zu agrikulturchemischen Studien hat, — Liebigs Buch liest er doch und sei's bloß der Mode halber. Was wird nun bei seiner Unkenntnis der agrikulturchemischen Quellen und der gegnerischen Leistungen und Ansichten die natürliche Folge sein? — Er wird von Liebigs Darstellung hingerissen und Liebigianer mit Leib und Seele! . . .“

Und dann war Liebig eine wahre Führernatur. Seine Geisteskraft war verbunden mit großer Willensstärke und Kampfesmut²⁾. Er glaubte an sich und an die Wichtigkeit der von ihm vertretenen Sache, für die er kämpfte. Wie hoch er diese seine Tätigkeit ein-

¹⁾ In dem Bestreben, seine Lehren weiteren Kreisen zugänglich zu machen, hatte Liebig ein Vorbild in seinem Gönner und Freund Alexander von Humboldt, dem er auch sein Buch widmete. Von Alexander von Humboldt heißt es in einer Charakteristik: „Er verschmähte es nicht, in einer Zeit, wo die Gelehrten sich streng abschlossen, seine Forschungen durch allgemein verständliche Vorlesungen und Schriften zu einem Gemeingut aller zu machen und wurde dadurch ein Mann des Volkes im höchsten Sinne und Urheber einer populär wissenschaftlichen Literatur in klassischer Form.“

²⁾ Diese Eigenschaften waren gewiß nötig, um sein Werk zu vollbringen und es gegen eine mächtige Gegnerschaft durchzusetzen. Er schrieb einmal (1863) an Wöhler: „Ich bin nicht streitlustig von Natur, wenn ich aber dazu gebracht werde, so steigert sich in mir das Interesse an der Sache . . . es ist wie eine Art von Lust am Kampfe, meine Sinne sind wie geschärft und neue Kräfte strömen mir zu . . .“ Liebig war aber in seiner Kritik und seinen Angriffen manchmal zu heftig und unbeherrscht, ja ungerecht und dabei selbstbewußt. Solche Eigenschaften findet man bei manchen genialen Tatmenschen. Sie haben der Wissenschaft genutzt, ihm selbst aber manche Bitternisse bereitet.

schätzt, das zeigt ein Brief an seinen Freund Wöhler: „Alles was wir tun und treiben“ — so schreibt er — „scheint mir unbedeutend gegen das gehalten, was der Landwirt erzielen kann . . . Der Fortschritt des Landwirtes . . . lindert die Not und Sorgen der Menschheit . . . und gibt unseren Fortschritten erst den Boden und rechten Segen.“

So wurde Justus Liebig der große Bahnbrecher und Reformator, der in genialer Weise der Landwirtschaft neue Wege wies und neue Ziele zeigte und eine neue Epoche der Landwirtschaft einleitete.

Viertes Kapitel:

Auswirkung der Lehren Liebig's. Herstellung der mineralischen („künstlichen“) Düngemittel. Ihre Bedeutung für eine rationelle Düngung, für die Steigerung der Ernteerträge und Volksernährung. Die Notwendigkeit der mineralischen („künstlichen“) Düngemittel für die Urbarmachung der Ödländereien. Können wir den zur Düngung nötigen Bedarf an stickstoff-, phosphorsäure- und kalihaltigen Düngemitteln in Deutschland selbst decken? Die Bedeutung des aus der Luft hergestellten Harnstoffs für die Herstellung von Futtermitteln. Die Notwendigkeit einer verstärkten Anwendung der künstlichen Düngemittel und ihrer Verbilligung im Interesse der Volksernährung

1. Herstellung der mineralischen („künstlichen“) Düngemittel. Ihre Bedeutung für eine rationelle Düngung, für die Steigerung der Ernteerträge und die Volksernährung

Die Liebig'sche Lehre, daß gewisse Mineralstoffe die eigentlichen Nährstoffe der Pflanzen sind, hatte schon bald eine für die Praxis außerordentlich wichtige Nutzenanwendung zur Folge. Das war die Herstellung der mineralischen Düngemittel, die man zumeist als „künstliche“ Düngemittel zu bezeichnen pflegt.

Schon Liebig hatte seinerzeit die prophetischen Worte gesprochen: „Es wird die Zeit kommen, wo man die Felder und Pflanzen mit Stoffen düngen wird, die man in chemischen Fabriken herstellen wird und die nur aus solchen Stoffen bestehen werden, die für die Pflanzenernährung nötig sind.“

Und diese Zeit kam sehr bald.

Als erster Handelsdünger wurde das Superphosphat hergestellt. Die Anregung dazu ging von Liebig aus, der 1840 vorgeschlagen hatte, den dreibasisch phosphorsauren Kalk der Knochen durch

Behandlung mit Schwefelsäure löslicher zu machen. Die Liebig'sche Idee wurde zuerst in England fabrikmäßig verwirklicht (1843 bzw. 1846). In Deutschland entstand 1855 die erste Superphosphatfabrik. Zur Herstellung dienen heute mineralische Rohphosphate (Trikalziumphosphate), die mit Schwefelsäure aufgeschlossen werden. Der andere wichtige Phosphorsäuredünger, das Thomasmehl, wird als Nebenprodukt bei der Verarbeitung phosphorhaltiger Eisenerze zu Stahl (nach dem Verfahren von Gilchrist und Thomas) gewonnen und wurde etwa seit 1886 von Hoyer mann in feingemahlener Form in die Landwirtschaft eingeführt. Die ersten Kalisalze wurden in Deutschland 1861 in Staßfurt gefördert. Zunächst (1861—1879) wurden sie zumeist (mindestens zu $\frac{4}{5}$) in der chemischen Industrie verwendet. Der landwirtschaftliche Verbrauch als Düngemittel setzte etwa Anfang der achtziger Jahre ein. Um seine Einführung haben sich namentlich die Landwirte Schultz-Lupitz und Rimpau-Kunrau verdient gemacht. Später auch die 1885 gegründete Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft.

Der Chilesalpeter, der vor dem Weltkriege der hauptsächlich benutzte Stickstoffdünger war, ist ein Naturprodukt, er wurde bereits in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts allgemein angewendet. Seit etwa 1890 wurde daneben das schwefelsaure Ammoniak, das als Nebenprodukt in den Kokereien und Gasanstalten gewonnen wird, in immer steigendem Maße benutzt.

Heute beherrschen die aus dem Luftstickstoff hergestellten Stickstoffdünger den Markt. Ihre Herstellung ist ebenfalls eine Kulturtat ersten Ranges, denn sie machten uns und auch andere Länder unabhängig hinsichtlich der Stickstoffdüngung der Felder.

Die Geschichte der Herstellung der Stickstoffdünger aus dem Stickstoff der Luft ist auch ein Beispiel dafür, daß solche großen Errungenschaften nicht von heute auf morgen gewonnen werden, sondern in der Regel eine längere Anlaufzeit haben. Bereits seit mehr als 100 Jahren hatte man versucht, den freien, elementaren Stickstoff der Luft an andere Elemente zu binden, d. h. in eine feste chemische Verbindung umzuwandeln, und man kannte auch Wege, dieses zu tun. Seit 1878 kannte man durch G. Meyer die Herstellung des Kalziumcyanamids und Cavendish hatte schon 1784 beobachtet, daß bei der elektrochemischen Selbstverbrennung der Luft sich die Elemente Stickstoff und Sauerstoff zu Salpetersäure vereinigen.

Man erkannte auch schon Ende des vorigen Jahrhunderts die große Bedeutung dieses Problems für die Landwirtschaft. Man wies darauf hin, daß es auf die Dauer unmöglich sein würde, der Bevölkerung der Erde das nötige Brot zu verschaffen, wenn es nicht gelänge, den Stickstoff der Luft in ein Düngemittel umzuwandeln und ihn so für die Ernährung der Pflanzen und damit der Menschen nutzbar zu machen. Eine fabrikmäßige Verarbeitung des Stickstoffs der Luft zu künstlichen Düngemitteln erfolgte zunächst in kleinem Maße zu Beginn dieses Jahrhunderts. Erst während des Weltkrieges erlangte sie dann die große Bedeutung, die sie heute besitzt.

Seit dieser Zeit standen also der Landwirtschaft die verschiedenen Nährstoffe in konzentrierter Form zur Verfügung: So der Stickstoff in Form von salpetersauren Salzen bzw. Ammoniums Salzen, die Phosphorsäure als Superphosphat, Thomasmehl, das Kali in Form der verschiedenen Kalisalze usw.

Das war wieder von der allergrößten Bedeutung und bildete einen weiteren Markstein in der Entwicklung der Landwirtschaft. Denn die mineralischen („künstlichen“) Düngemittel machten es erst möglich, die Lehren der Wissenschaft auf die Praxis zu übertragen, d. h. man konnte jetzt den Pflanzen bzw. den Böden jeden Nährstoff, den sie ihrer Natur nach am meisten gebrauchen, in Form der künstlichen Düngemittel zur Verfügung stellen; und man konnte das tun, und das ist wesentlich, ohne daß man genötigt war, mit den übrigen Nährstoffen, die Boden und Pflanzen nicht brauchen, unnütze Verschwendung treiben zu müssen. Denn man konnte ja jetzt jeden der Pflanzennährstoffe einzeln kaufen und anwenden.

Kurzum: man war jetzt zum ersten Male seit Bestehen der Landwirtschaft in der Lage, wirklich rationell zu düngen!

Das bedeutete zugleich, daß man stärker düngen, d. h. die Pflanzen besser ernähren konnte, denn die Nährstoffmengen, die man den Pflanzen durch eine praktisch in Frage kommende Stalldüngergabe zuführt, reichen nicht aus, um die Pflanzen so zu ernähren, daß sie gute Ernten in unserem heutigen Sinne liefern.

Das zeigen folgende Zahlen.

Nach den umfangreichen Untersuchungen, die in neuerer Zeit von W. Sauerlandt über den Gehalt des Stalldüngers an Nährstoffen bei der heutigen Art der Fütterung angestellt worden sind,

kann man annehmen, daß in einem gut gelagerten Stalldünger enthalten sind etwa:

0,5 % Stickstoff (N), 0,23 % Phosphorsäure (P_2O_5),
0,65 % Kali (K_2O).

Durch eine Düngung mit 300 dz Stalldünger je ha innerhalb 4 Jahren würden dementsprechend in den Boden gelangen:

150 kg Stickstoff, 69 kg Phosphorsäure, 195 kg Kali.

Bei Anwendung von 400 dz/ha:

200 kg N, 92 kg P_2O_5 , 260 kg K_2O .

In demselben Zeitraum werden dem Boden aber, unter Zugrundelegung von Durchschnittszahlen, durch mittelhohe Ernten je ha entzogen etwa:

340 kg Stickstoff, 145 kg Phosphorsäure, 550 kg Kali.

Unter diesen Umständen ist es selbstverständlich, daß man durch die Anwendung der künstlichen Düngemittel neben dem Stalldünger sehr viel höhere Ernten erzielen konnte als früher, ja als man es bis dahin für möglich gehalten hatte. Und diese Erfolge sowie die Aufklärung der Landwirtschaft durch die zuständigen Stellen hatten wiederum zur Folge, daß die künstlichen Düngemittel bald immer mehr Eingang in die Landwirtschaft fanden. In welchem Maße das im Laufe der Zeit eintrat, zeigt folgende Übersicht.

Es wurden in der deutschen Landwirtschaft angewandt:

	Gesamtverbrauch in 1000 t			Verbrauch je ha landw. Nutzfläche in kg		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1885	30	15	9			
1890	58	162	27	1,6	4,6	0,8
1913/14	185	555	490	6,2	18,7	16,5
1924/25	344	373	660	12,0	13,0	23,0
1933/34	383	462	718	13,3	16,1	25,0
1935/36	491	636	944	17,1	22,1	32,8
1936/37	571	625	955	19,8	21,7	33,2
1937/38	633	690	1156	22,0	24,3	40,2

Die nachstehende Zahlentafel gibt einen Überblick darüber, in welcher Weise die Ernten in Deutschland seit der Anwendung der künstlichen Düngemittel gestiegen sind.

Die jährlichen Durchschnittserträge kg/ha im Mittel von je fünf Jahren, entnommen der Zeitschrift „Landbau und Technik“, 11, Heft 11 (1935).

Jahres- durchschnitt	Winter- roggen	Winter- weizen	Sommer- gerste	Hafer	Kar- toffeln	Wiesen- heu	Kleeheu
1880/84	9,5	12,8	12,9	10,9	79,2	30,0	31,2
1885/89	10,1	13,7	12,7	11,7	87,0	28,5	29,6
1890/94	12,0	16,0	14,9	12,9	96,9	30,6	28,2
1895/99	14,3	17,9	16,9	15,8	116,4	40,6	39,1
1900/04	15,5	18,8	18,5	17,2	130,0	40,2	43,0
1905/09	16,8	19,7	19,5	19,2	139,0	43,3	50,4
1910/14	17,9	21,3	20,5	19,6	135,8	45,5	50,0
<i>1910/14</i>	<i>17,0</i>	<i>20,2</i>	<i>19,4</i>	<i>18,6</i>	<i>129,0</i>	<i>43,3</i>	<i>47,5</i>
1915/19	14,0	17,4	15,3	14,4	116,9	40,6	42,5
1920/24	13,8	17,4	16,0	15,5	122,9	39,1	43,9
1925/29	16,2	19,8	18,7	18,7	135,5	40,8	47,7
1930/35	17,4	21,6	19,1	18,8	160,0	42,2	51,3

Die schräg gestellten Zahlen der Jahre 1910/14 bedeuten die um 5 % reduzierten Hektarerträge der letzten Vorkriegszeit.

Seit 1934 sind die Hektarerträge noch weiter gestiegen. Im großen und ganzen können wir sagen, daß in den letzten 50 Jahren die Hektarerträge für Getreide um etwa 80 %, für Kartoffeln um fast 100 % gesteigert worden sind.

Das ist auch deshalb von großer Bedeutung, weil wir unsere Anbaufläche nur noch wenig vergrößern können und Deutschlands Nahrungsraum an sich beschränkt ist. Es kommt hinzu, daß die Bevölkerungsdichte bei uns recht groß ist. Sie beträgt je qkm 135 Menschen (in Frankreich 75, in Rußland 27, in Schweden 14, im europäischen Durchschnitt etwa 51).

Die Zahlen der Tabelle zeigen zugleich, daß wir in Deutschland die schweren Schäden des Weltkrieges verhältnismäßig schnell überwinden konnten. Auch dazu haben die künstlichen Düngemittel in hohem Maße beigetragen.

Wie sehr die Stärke der Düngung und die Höhe der Ernten gleichartig verlaufen, das zeigen deutlich die nachstehenden Schaubilder, die kürzlich L. Peters nebst den dazu gehörenden Zahlen veröffentlicht hat.

Man kann deshalb mit Recht sagen: jede Verbesserung der Pflanzenernährung bedeutet auch eine Verbesserung der Volksernährung.

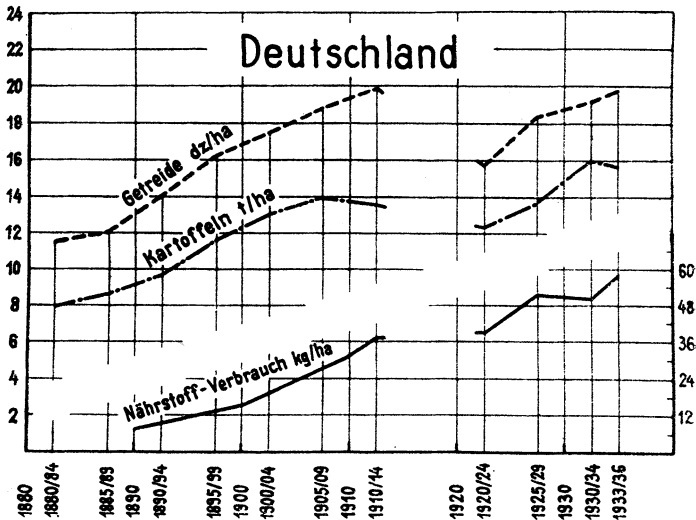


Abb. 1

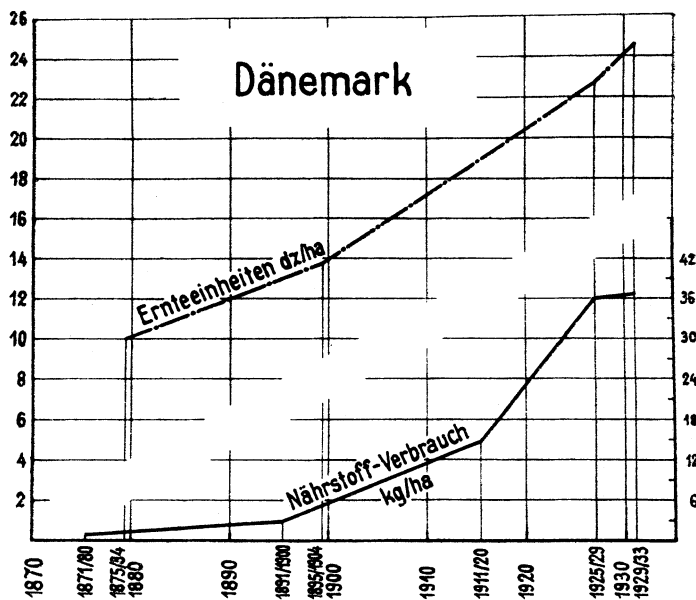


Abb. 2

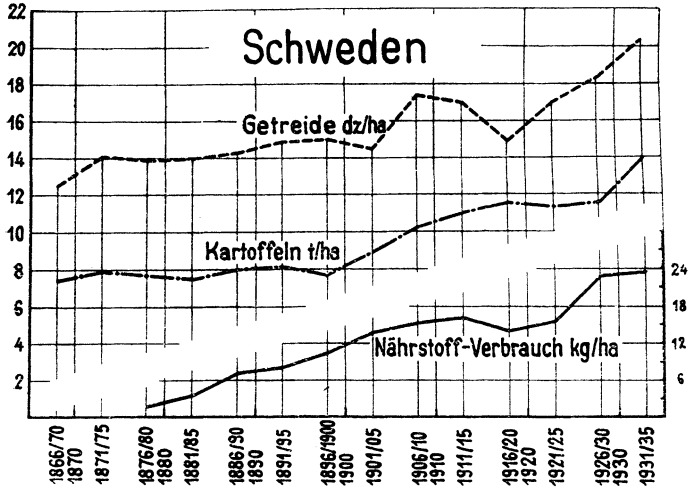


Abb. 3

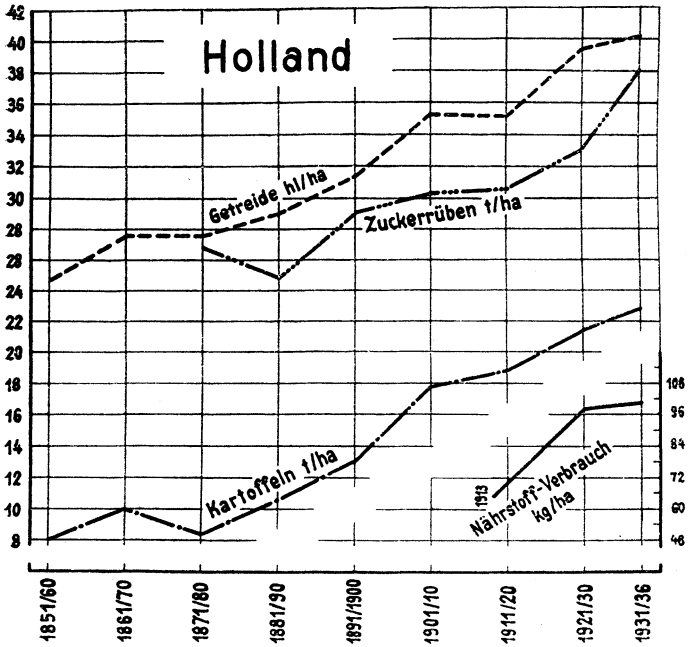


Abb. 4

Ich will zu den mitgeteilten Zahlen bemerken, daß in einigen anderen Ländern, wie z. B. Holland und Belgien, noch stärkere Gaben von künstlichen Düngemitteln angewandt werden, und daß in diesen und noch einigen anderen Ländern (Dänemark) auch die auf der Fläche eines Hektars gewonnenen Ernten zum Teil etwas höher sind als in Deutschland.

Es hängt das zum Teil auch damit zusammen, daß in diesen Ländern infolge der stärkeren Viehhaltung mehr Stalldünger zur Verfügung steht.

2. Die Notwendigkeit der mineralischen („künstlichen“) Düngemittel für die Urbarmachung von Ödländereien

Aber durch die künstlichen Düngemittel ist es uns nicht nur möglich geworden, auf der Flächeneinheit bedeutend mehr zu ernten, sondern wir haben mit ihrer Hilfe auch unsere Anbauflächen besser ausnutzen und auch vergrößern können. Denn die mit so großem Erfolg betriebene Umwandlung der sogenannten Ödländereien, wie Heide und Moor, in Kulturland war und ist nur mit Hilfe der künstlichen Düngemittel möglich, da diese Böden von Haus aus so arm an gewissen Nährstoffen sind, daß sie ohne Anwendung der künstlichen Düngemittel mit Erfolg nicht bewirtschaftet werden können. Nach den Angaben des Direktors der Moor-Versuchsstation Bremen, Fr. Brüne, enthalten diese Ländereien auf der Fläche eines Hektars bis zu 20 cm Tiefe im Durchschnitt folgende Gesamtmengen (kg) an Stickstoff (N), Phosphorsäure (P_2O_5), Kali (K_2O) und Kalk (CaO).

	N	P_2O_5	K_2O	CaO
Hochmoore	2880	240	120	840
Übergangsmoore	7200	720	360	3600
Niederungsmoore	12500	1250	500	20000

Was diese Zahlen bedeuten, kann man ermessen, wenn man ihnen die Gehalte einiger Mineralböden an diesen Nährstoffen gegenüberstellt. Auf Grund der Untersuchungen der agrikulturchemischen Versuchsstation Kiel kann man berechnen, daß auf der Fläche eines

Hektars bis zu Ackerkrumentiefe (die nicht immer gleich groß war) im Durchschnitt folgende Gesamtmengen (kg) in den untersuchten Böden vorhanden waren.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca O
Marschböden.....	5600	4200	60000	22300
Lehmböden.....	3700	3000	50000	9300
Sandige Böden.....	3800	2800	45000	1700

Es ist angesichts dieser Zahlen leicht verständlich, daß Versuche und Erfahrungen ergeben haben, daß alle Moorböden (auch Heideböden) ständig mit Kali- und Phosphorsäure-Düngern versehen werden müssen, wenn man sie mit Erfolg landwirtschaftlich benutzen will. Eine Ausnahme bilden nur einige Niederungsmoore, die reicher an Phosphorsäure (in Form von Vivianit) und Kali (infolge toniger Einlagerungen) sind. Die kalkarmen Hochmoorböden (auch Heideböden), unter Umständen auch einige Übergangsmoore, erfordern noch eine Kalkdüngung, und alle diese Böden, mit Ausnahme der meisten Niederungsmoore, müssen noch eine Stickstoffdüngung erhalten.

Die Bewirtschaftung dieser Böden ist auch deshalb von so großer Bedeutung, weil unsere landwirtschaftlich benutzte Fläche durch notwendige Bauten für militärische und industrielle Zwecke, durch Anlage von Verkehrswegen usw. nicht unbeträchtlich in Anspruch genommen und dadurch verkleinert wird.

Es bedeutet demgegenüber einen gewissen Ausgleich, daß in Deutschland noch etwa 3 bis 4 Millionen Hektar Moor- und Heideflächen vorhanden sind, die kulturfähig gemacht werden können:

Wie sehr größere Flächen auch von Mineralböden erst durch eine Düngung mit mineralischen Düngemitteln für den Anbau bestimmter Pflanzen kulturfähig werden, das zeigt u. a. eine Äußerung des bekannten Agrikulturchemikers P. Wagner. Er schrieb (1904) in seinen „Düngungsfragen“:

„Allgemein bekannt ist ja, daß man vor einigen Jahrzehnten fast in ganz Rheinhessen keine normalen Kleeerträge erhalten konnte. Erst seit erfolgter Sättigung des Bodens mit Phosphorsäure gerät der Klee, und überall da, wo man durch wiederholte und starke Gaben von Thomasmehl

oder Superphosphat den Boden bereichert hat — und das ist bereits in den meisten Gemarkungen Rheinhessens geschehen —, sieht man die üppigsten Kleefelder.“

3. Der Einfluß der Handelsdüngemittel auf die Stärke der Viehhaltung und die Größe der Stalldüngererzeugung

Es ist selbstverständlich, daß durch die Anwendung der mineralischen Handelsdüngemittel auch die Erträge der Futtergewächse und des Grünlandes erheblich gestiegen sind. Das bedeutet aber und hat sich auch dahin ausgewirkt, daß dadurch einmal eine stärkere Viehhaltung je Flächeneinheit ermöglicht wurde, wodurch die Volksernährung direkt verbessert wurde. Dann aber stieg auch infolge dieser Vergrößerung des Viehbesatzes und der größeren zur Verfügung stehenden Strohmenge, die durch die Anwendung der Mineraldünger bewirkt wurde, auch der Stalldüngeranfall. Es konnte also dem Boden mehr Stalldünger zugeführt werden. Dadurch konnte sein Humusgehalt und Kulturzustand verbessert werden und damit auch sein Fruchtbarkeitszustand ¹⁾.

4. Können wir den zur Düngung nötigen Bedarf an stickstoff-, phosphorsäure- und kalihaltigen Düngemitteln in Deutschland selbst decken? Die Bedeutung des Stickstoffs für die Herstellung von Futtermitteln

Angesichts dieser großen Bedeutung der mineralischen („künstlichen“) Düngemittel für unsere Volksernährung taucht natürlich sofort die Frage auf, ob wir unseren Bedarf daran in Deutschland selbst decken können. Die Sachlage ist folgende.

¹⁾ In einem während der Drucklegung erschienenen Aufsatz von Dr. Sperber „Mehr Stalldünger durch planvolle Handelsdüngeranwendung“ ist der Verfasser auf Grund seiner Berechnungen u. a. zu folgenden Zahlen gelangt. Der Großviehbesatz je 100 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche betrug im Jahre 1883 in der Provinz Westfalen 58,2, in Hessen-Nassau 68 Stück. Im Jahre 1933 dagegen 91,9 bzw. 92,8 Stück. Der Stalldüngeranfall in einem durchschnittlichen 100-ha-Betrieb betrug in dem Jahrfünft 1880/84 in Westfalen 2554 dz, in Hessen-Nassau 3177 dz. In dem Jahrfünft 1933/37 dagegen 6193 dz bzw. 7360 dz. Der Verfasser meint, der Stalldüngeranfall ist also bei der heutigen Handelsdüngeranwendung nicht etwa geringer geworden, sondern hat sich vielmehr in den letzten 50 Jahren um das Zwei- bis Zweieinhalbfache vergrößert.

Mit Ausnahme der Phosphorsäure, von der wir einen Teil unseres Bedarfs einführen müssen, besitzen wir in Deutschland alle zur Düngung erforderlichen Stoffe in genügender Menge. Wir sind also hinsichtlich der Ernährung unserer Kulturpflanzen günstiger gestellt, als es zurzeit noch hinsichtlich der Fütterung unserer Haustiere der Fall ist. Besonders wichtig ist es, daß wir seit dem Weltkriege die zur Düngung nötigen Stickstoffverbindungen in beliebig großer Menge aus dem Stickstoff der Luft herstellen können.

Es ist nun interessant und wichtig, daß wir eine der aus der Luft gewonnenen Stickstoffverbindungen, den Harnstoff, nicht nur als Düngemittel verwenden, sondern auch zur Herstellung von Futtermitteln. Ich habe bereits im Jahre 1916 darauf hingewiesen, daß es möglich sei, einen Teil des Futtereiweißes durch Verfütterung von Harnstoff zu ersetzen. Das ist dann später, zunächst von W. Völtz, durch umfangreiche Versuche erwiesen worden. Heute kommt der Harnstoff in Verbindung mit Kartoffelflocken oder Trockenschnitzel als „Amidschnitzel“ in den Handel. Auch zur Futterhefegewinnung, der sogenannten biologischen Eiweißsynthese, benutzen wir die aus der Luft hergestellten Stickstoffverbindungen.

5. Die Notwendigkeit einer verstärkten Anwendung der künstlichen Düngemittel

Die große Bedeutung der künstlichen Düngemittel und die Notwendigkeit ihrer verstärkten Anwendung im Interesse der Volksernährung ist schon vor vielen Jahren von manchen Agrikulturchemikern, unter anderen von P. Wagner, M. Gerlach und O. Lemmermann wiederholt betont und trotz mancher Anfeindungen und Mißdeutungen, denen sie zum Teil ausgesetzt waren, immer wieder vertreten worden. Ich schrieb u. a.¹⁾: „Es kommt aber in Zukunft gerade darauf an, die Masse der kleineren und mittleren Besitzer, die den größten Teil des deutschen Bodens bewirtschaften, zu einer erhöhten Anwendung der künstlichen Düngemittel und insbesondere des Stickstoffs zu veranlassen. Nur wenn dieses Ziel erreicht wird, werden wir damit rechnen können, unsere

¹⁾ Vgl. u. a. Norddeutsche Allgemeine Zeitung 1918, Nr. 3/4; 1919, Nr. 204; Illustrierte Landw. Zeitung 1916, 36. Jahrgang, Nr. 27; Landbote 1918, Nr. 36; Arbeitsziele der Deutschen Landwirtschaft nach dem Kriege. Verlag Parey, 1918; Jahrbuch der Deutschen Landwirtschaftl. Gesellschaft 1919.

Ernten in Deutschland so schnell zu steigern, wie es im Interesse der Volksernährung wünschenswert ist. Es wird daher eine wichtige Aufgabe des Staates sein müssen, bei der künftigen Preisgestaltung des Stickstoffs diesen Gesichtspunkt gebührend zu berücksichtigen.“

Und an anderer Stelle sagte ich (1919): „Selbst wenn der Staat bei dieser Preispolitik Geld zusetzen müßte, wäre sie notwendig und richtig. Denn es ist ohne Zweifel richtiger, im eigenen Lande möglichst viel Lebensmittel zu erzeugen, als sie für teures Geld aus dem Auslande kaufen zu müssen.“

Ich hielt es damals für nötig, auf eine Vermehrung der Stickstoffdüngung auf etwa 536 000 t hinzuarbeiten. An einer anderen Stelle (1919) meinte ich, wir müßten bemüht sein, zu einer durchschnittlichen Stickstoffgabe von 20 bis 30 kg N je ha zu kommen. Diese Menge entspricht einem Gesamtverbrauch für Deutschland von 400 000 bis 600 000 t Stickstoff.

In jener Zeit (1919/20) wandten wir 159 000 t N an. Demgegenüber:

1936/37: 571 000 t = 19,8 kg je ha,

1937/38: 633 000 t = 22,2 kg je ha.

Damals waren die geäußerten Wünsche nicht zu erfüllen. Es ist ein hohes Verdienst der jetzigen Regierung, daß sie in klarer Erkenntnis der hohen Bedeutung der künstlichen Düngemittel für die Volksernährung es sich hat angelegen sein lassen, ihre Anwendung durch Verbilligung und Aufklärung zu fördern.

Jeder der die Verhältnisse überblickt, die Nährstoffbilanzen unserer Böden kennt und zu deuten versteht, wird sich der Einsicht nicht verschließen können, daß wir in Zukunft, selbstverständlich unter schärfster Berücksichtigung des jeweiligen Düngungszustandes des betreffenden Bodens, noch stärker werden düngen müssen, wenn wir die Ernten weiter steigern oder auch nur auf der gegenwärtigen Höhe erhalten wollen, und daß wir daneben auch der Wasserfrage sowie der Bodenpflege eine erhöhte Beachtung zuwenden müssen. Es kommt hinzu, daß viele unserer Böden durch die Einführung des Zwischenfruchtbaus stärker in Anspruch genommen werden, auch wenn man berücksichtigt, daß der Zwischenfruchtbau die Auswaschung des Nährstoffs herabsetzt.

Fünftes Kapitel:

Der Nährstoffhaushalt der Böden. Die Bedeutung des Stalldüngers. Gibt es heute noch einen Raubbau? Die Notwendigkeit der Bodenkontrolle. Die Methoden zur Ermittlung des Düngungsbedürfnisses der Böden. Wie ist es um die Düngebedürftigkeit der deutschen Böden bestellt? Die Bedeutung der sogenannten Harmonie der Nährstoffe für die Düngung. Die Bedeutung der Form der Düngemittel für ihre Anwendung und Wirkung. Die Wichtigkeit der Gesunderhaltung der Böden. Die Bedeutung des Reaktionszustandes der Böden für die Pflanzen. Haben die künstlichen Düngemittel eine ungünstige Wirkung auf den Gesundheitszustand der Böden? Die Untergrundskrankheiten

1. Der Nährstoffhaushalt der Böden

Wie ist es nun um den Nährstoffhaushalt der deutschen Böden bestellt? Darüber lassen sich ganz bestimmte Angaben deshalb nicht machen, weil die Verhältnisse von Fall zu Fall zu verschieden sind, je nach der Art der Düngung, des Bodens, der Bodennutzung, der klimatischen Verhältnisse usw. Immerhin verfügen wir über eine so große Zahl von Versuchen über den Nährstoffhaushalt, daß man sich eine gute Vorstellung darüber machen kann. Ich will das an Hand eines Versuchs zeigen, den ich acht Jahre hindurch auf verschiedenen kleinen Schlägen eines Versuchsfeldes in Dahlem bei Berlin durchgeführt habe. Der Boden ist ein leichter, lehmiger Sandboden, dessen Lehmgehalt im Untergrund zunimmt. Gedüngt wurde in der Weise, daß einige Teilstücke nur mit künstlichen Düngemitteln (jährlich 30 kg N, 60 bis 80 kg P_2O_5 , 80 bis 100 kg K_2O je ha), andere nur mit Stalldünger (800 dz/ha in acht Jahren), wieder andere mit Stalldünger und Mineraldüngern (in der angegebenen Höhe) gedüngt wurden. Die Stickstoffdüngung war also nur mittelstark, die Düngung mit Phosphorsäure und Kali war reichlich.

Die Nährstoffbilanz wurde in der Weise aufgestellt, daß festgestellt wurde, welche Nährstoffmengen den Feldern durch die Düngung zugeführt und wieviel ihnen durch die Ernten entzogen worden waren. Bei einer Gegenüberstellung dieser Werte ergaben sich folgende Bilanzzahlen. Das +-Zeichen bedeutet, daß dem Boden mehr Nährstoffe (kg/ha) zugeführt, als durch die Ernten entzogen worden waren, das --Zeichen gibt an, daß der Entzug größer war als die Zufuhr durch die Düngung. A und B sind die Bezeichnungen für zwei verschiedene Versuchsreihen.

Art der Düngung	Stickstoff		Phosphorsäure		Kali	
	A	B	A	B	A	B
Mineraldünger ...	- 34,7	- 31,0	+ 38,0	+ 43,7	-- 7,2	-- 0,3
Stalldünger	- 11,9	- 9,9	- 2,4	+ 1,2	- 21,7	+ 4,2
Mineraldünger und Stalldünger	+ 2,4	+ 3,2	+ 58,7	+ 64,2	+ 30,9	+ 40,2

Zu ähnlichen Ergebnissen sind auch andere Versuchsansteller gekommen, so M. Gerlach, W. Schneidewind, P. Wagner. Von den Versuchen Wagners will ich noch einige mitteilen, da sie ebenfalls viele (8 bis 12) Jahre hindurch und zudem auf ganz verschiedenartigen Böden durchgeführt wurden.

Die Stärke der Düngung schwankte bei den einzelnen Versuchen. Im großen und ganzen wurden für 1 Jahr und Hektar 3 bis 4 dz Natronsalpeter, 4 bis 6 dz Thomasmehl, 4,5 bis 6 dz Kainit angewandt und außerdem etwa 400 kg Stalldünger alle 4 Jahre. Die Bilanzzahlen sind von mir berechnet und mit einigen Unsicherheiten behaftet, die aber für den vorliegenden Zweck ohne Bedeutung sind.

Die Nährstoffbilanz ergab folgende Zahlen (s. nachfolgende Tabelle).

Die Stickstoff-Bilanz war also bei alleiniger Anwendung von Mineraldüngern stets negativ. Auch bei alleiniger Düngung mit Stalldünger war meist ein Stickstoffdefizit vorhanden. Bei der Bewirtschaftung mit Stalldünger und Mineraldüngern war dagegen meist ein Gewinn an Stickstoff festzustellen.

Die Phosphorsäure-Bilanz zeigt ein anderes Bild. Hier war nur ausnahmsweise und nur bei alleiniger Anwendung von

Art der Düngung	N-Bilanz			P ₂ O ₅ -Bilanz			K ₂ O-Bilanz		
	Nur Handelsdünger kg/ha	Nur Stalldünger kg/ha	Handelsdünger und Stalldünger kg/ha	Nur Handelsdünger kg/ha	Nur Stalldünger kg/ha	Handelsdünger und Stalldünger kg/ha	Nur Handelsdünger kg/ha	Nur Stalldünger kg/ha	Handelsdünger und Stalldünger kg/ha
	Sandboden	19,4	12,8	12,0	61,2	9,7	85,8	22,6	23,8
Lehmboden	50,2	9,0	5,5	55,8	9,0	89,9	65,4	17,8	8,9
Kiesiger Lehmboden ..	46,7	9,5	23,5	41,4	31,0	91,2	52,8	0,9	11,3
Kiesiger Lehmboden ..	46,4	1,4	24,4	42,7	28,2	92,2	50,5	4,7	17,1
Lehmboden	49,9	23,4	0,5	40,0	16,5	89,3	48,6	76,5	14,6
Sandiger Lehmboden ..	33,0	11,6	8,1	39,1	3,4	63,6	29,4	50,7	6,6
Sandboden	16,5	1,5	22,6	29,2	22,7	75,2	68,6	60,7	43,8
Sandboden	21,2	2,9	23,2	30,8	23,6	76,8	68,4	39,1	27,3
Sandboden	11,2	16,5	42,5	39,0	30,3	87,8	34,5	20,3	15,2
Schwerer Lehmboden ..	46,1	22,2	5,8	46,7	7,3	80,7	84,6	53,8	46,9
Schwerer Lehmboden ..	49,3	24,8	6,9	45,4	5,6	81,7	73,2	50,7	39,4

Stalldünger die Entnahme größer als die Zufuhr. Die Differenz war aber so klein, daß sie innerhalb der Fehlergröße liegt.

Die Kali-Bilanz ergab mit wenigen Ausnahmen dann ein deutliches Defizit, wenn nur mit Mineraldüngern oder Stalldünger gedüngt worden war. Bei der gemeinsamen Verwendung von Stalldünger und Mineraldüngern war in manchen Fällen noch der Entzug größer als die Zufuhr. Man wird einer Kalidüngung besondere Aufmerksamkeit in Gründigungswirtschaften und viehschwachen Wirtschaften zuwenden müssen.

Bei der Beurteilung solcher Bilanzen ist zu beachten, daß sie den Nährstoffhaushalt eines Bodens, soweit es sich um den Stickstoff und das Kali handelt, nur unvollständig ausdrücken.

Der Stickstoff wird dem Boden nicht nur durch die Düngung zugeführt und durch die Ernte entzogen, sondern auch durch die atmosphärischen Niederschläge und die Tätigkeit von Bakterien. Die Höhe der Stickstoffgewinne und Stickstoffverluste, die auf

diese Weise entstehen, läßt sich nicht mit Sicherheit für die einzelnen Böden angeben. Man hat beobachtet, daß durch Regen, Tau und Schnee jährlich etwa 5 bis 10 kg/ha Stickstoff den Böden zufließen. Der Stickstoffgewinn, der den Böden durch die Tätigkeit freilebender, stickstoffbindender Bakterien erwachsen kann, dürfte selbst unter günstigen Bedingungen kaum mehr als 25 bis 30 kg/ha betragen. Die Stickstoffverluste, die den Böden durch die Auswaschung entstehen, sind ganz verschieden groß, je nach dem Charakter der Böden und den sonstigen Verhältnissen. Im großen und ganzen kann man sie mit etwa 20 bis 40 kg Stickstoff je Jahr und Hektar veranschlagen. Über die Größe der Stickstoffverluste, die durch Bakterientätigkeit entstehen können, haben wir mangels sicherer Unterlagen keine zuverlässigen Zahlen. Dasselbe gilt für den Stickstoffgewinn und Stickstoffverlust, die durch rein chemische Prozesse hervorgerufen werden können. Im allgemeinen wird man annehmen können, daß in den meisten Fällen der Stickstoffgewinn, der den Böden durch die genannten Prozesse erwächst, nicht größer ist als der durch dieselben Prozesse entstehende Stickstoffverlust.

Die Phosphorsäure wird auf den Mineralböden unter normalen Verhältnissen entweder gar nicht oder nur in sehr geringem Maße ausgewaschen. Größer können die Auswaschungsverluste auf Humusböden sein. Man findet Angaben, die sie auf 15 kg und mehr je Jahr beziffern.

Die Auswaschung der Kalisalze ist auf den adsorptionsstarken, schweren Böden nicht groß. Auf leichteren Böden ist sie größer, als vielfach angenommen wird. M. Gerlach stellte bei Lysimeterversuchen mit fünf verschiedenen Sandböden folgende Verluste bis zu 1 m Tiefe fest; umgerechnet auf 1 ha und Jahr.

Ungedüngter Boden: 20,6 bis 37,8 kg N, 15,3 bis 40,2 kg K_2O .

Bei Volldüngung: 20,5 bis 32,4 kg N, 17,2 bis 62,1 kg K_2O .

L. Schmitt fand bei Lysimeterversuchen, daß im Durchschnitt der Jahre 1928—1937, bei Annahme von 650 mm Niederschläge, je nach der Bodenart ausgewaschen wurden je Jahr und Hektar: 40 bis 50 kg Stickstoff, 2 bis 2,5 kg Phosphorsäure, 50 bis 100 kg Kali, 380 bis 420 kg Kalk (CaO).

2. Bedeutung des Stalldüngers

Die angeführten Untersuchungen zeigen zugleich die große Bedeutung, die der Stalldünger für die Erhaltung der Nährkraft der Böden besitzt. Zu dieser Bedeutung des Stalldüngers als Nährstoffträger kommen noch hinzu die bekannten günstigen Wirkungen, die er auf den ganzen Kulturzustand des Bodens, seine physikalischen, chemischen, biologischen Eigenschaften ausübt. Wir schätzen deshalb den Stalldünger heute — wenn auch aus anderen Gründen -- nicht minder hoch ein, als die Anhänger der Humustheorie es taten, und anders als Liebig.

Es sind nun vor einigen Jahren Versuche von einem dänischen Forscher, K. Jversen, veröffentlicht worden, die berechtigtes Aufsehen erregt haben, da sie scheinbar die Bedeutung des Stalldüngers in einem anderen Lichte erscheinen ließen. Diese Versuche, die 28 Jahre lang durchgeführt wurden, hatten ergeben, daß die Erträge auf Feldern, die nur mit Mineraldüngern gedüngt wurden, deutlich besser waren als die auf den nur mit Stallmist gedüngten. Die Versuche waren so angelegt worden, daß immer gleiche Mengen an Nährstoffen in Form von Stalldünger bzw. Kunstdüngern angewendet wurden. K. Jversen meinte u. a.: „Es haben sowohl die Stalldüngung wie die Kunstdüngung jede für sich die Nachwirkung nach der früheren Bodendüngung und die alte Kraft ersetzen können. Somit scheinen nicht irgendwelche wesentlichen Unterschiede für die gesamte Wirkung beider Düngungen zu bestehen.“ Und andere dänische Forscher, H. C. Christensen und S. Tovborg-Jensen, sind auf Grund ihrer Versuche zu dem merkwürdigen Ergebnis gelangt, daß der Stickstoffgehalt des Bodens im Laufe der Jahre deutlich zunehmen kann, wenn künstliche Stickstoffdünger in solchen Mengen gegeben werden, wie sie einer normalen Stallmistdüngung entsprechen.

Solche Schlüsse lassen sich aber, wie ich an anderer Stelle gezeigt habe, aus diesen Versuchen nicht ableiten.

Man darf sich bei der Beurteilung der Stalldüngerfrage auch nicht dadurch irre machen lassen, daß eine langjährige Bewirtschaftung eines Bodens ohne Stalldünger in der Tat stattgefunden

hat ohne Gefährdung des Ertrages. Das kann aus verschiedenen Gründen eine Zeitlang möglich sein. So können z. B. manche Böden den Pflanzen aus ihrem Stickstoffkapital eine Zeitlang beträchtliche Stickstoffmengen zur Verfügung stellen, die neben der Zufuhr durch die mineralischen („künstlichen“) Düngemittel für die Ernährung der Pflanzen ausreichen. Wenn z. B. ein Boden 0,1 % N enthält, so entspricht das einer Menge von etwa 4000 kg in der Ackerkrume eines Hektars. Wenn man annimmt, daß von dieser Menge jährlich nur 1 % mineralisiert, d. h. für die Pflanzen verfügbar wird, so entspricht das einer Menge von 40 kg/ha. Aber diese Menge wird naturgemäß von Jahr zu Jahr geringer, wenn man es unterläßt, die sogenannte „alte Kraft“ des Bodens durch eine Düngung mit Stalldünger zu erneuern.

Th. Pfeiffer (1856–1923), der in seiner bekannten, sorgsamten Weise auch diese Frage untersucht hat, schrieb schon vor mehr als 30 Jahren: „Eine längere Zeit fortgesetzte einseitige Düngung mit Salpeter und schwefelsaurem Ammoniak muß daher als Raubbau auf Stickstoff gekennzeichnet werden, dessen schädliche Folge in absehbarer Zeit zur Geltung kommen wird . . . Wer den Versuch wagen wollte die altbewährten, langsam wirkenden Stickstoffquellen Stallmist und Gründüngung auf die Dauer durch Chilesalpeter zu ersetzen, . . . der würde in absehbarer Zeit bei seinen Ernten Rückschläge bedenklicher Art erleben, die höchstens durch einen stetigen steigenden Aufwand an Salpeter vermieden werden könnten.“

Was hier vom Salpeter gesagt wurde, gilt für alle Stickstoffdünger.

Der Stalldünger ist nicht nur landwirtschaftlich, sondern auch volkswirtschaftlich von großer Bedeutung. Es ist in weiteren Kreisen wenig bekannt, daß man den Wert des jährlich in Deutschland erzeugten Stalldüngers auf etwa 3 Milliarden Mark berechnet hat, und daß allein die Stickstoffverluste, die bei seiner Aufbewahrung und Anwendung entstehen, einen Wert von mehreren hundert Millionen Mark haben, die so dem Volksvermögen verlorengehen. Ich will über die Größe dieser Verluste einige Angaben machen. Obwohl sie aus Versuchen abgeleitet worden sind, haben sie nur die Bedeutung von Anhaltspunkten, da die Verhältnisse von Fall zu Fall in den land-

wirtschaftlichen Betrieben recht verschieden sind. Die Untersuchungen haben ergeben, daß schon im Stalle meist etwa 10% des vorhandenen Stickstoffs verlorengehen. Auf der Düngerstätte betragen die Stickstoffverluste etwa 25%, wenn keine besonderen Maßnahmen zu ihrer Verringerung getroffen werden. Ziemlich groß sind auch die Stickstoffverluste, die beim Ausfahren und Ausbreiten, sowie beim Liegenlassen des Düngers auf dem Felde bis zur Unterbringung entstehen können. Ihre Größe hängt ab von der Witterung, der Jahreszeit, der Länge des Obenaufliegenlassens auf dem Felde. Es können so 15 bis 20% des ausgefahrenen Stickstoffs verlorengehen. Bei unsachgemäßer Arbeitsweise können diese Verluste erheblich größer sein¹⁾.

Man hat angesichts der Wichtigkeit dieser Fragen seit Jahrzehnten untersucht, wie man bei der Ansammlung und Aufbewahrung des Stalldüngers zu verfahren hat, um einen guten Dünger bei möglichst geringen Verlusten an seinen wertbestimmenden Bestandteilen zu gewinnen und wie man ihn anzuwenden hat, um ihn zu möglichst guter Wirkung zu bringen. Es hat sich dabei u. a. ergeben, daß der Stickstoff, der bei der notwendigen Verrottung des Düngers (d. h. um ihn in einen gebrauchsfähigen Zustand überzuführen) verlorengeht, mehr oder weniger vollständig aus Ammoniakstickstoff besteht, und daß bei der Verrottung Stickstoff in elementarer Form, wenn überhaupt, so doch nur in geringer Menge gebildet wird. Das ist praktisch, d. h. für die Erhaltung des Stickstoffs im Dünger, von großer Bedeutung. Wir wissen ferner, daß die Schnelligkeit und Größe der Ammoniakbildung sowie die Größe der Verdunstung hauptsächlich abhängt von der Größe des Luftzutritts zu den gärenden Massen und ferner, daß wir durch eine angemessene Gestaltung des Verrottungsprozesses die Verluste an Stickstoff und auch an organischer Substanz ziemlich weit herabdrücken können, und daß wir auch seine allgemeine Beschaffenheit und damit seine Wirksamkeit dadurch günstig beeinflussen können.

¹⁾ Nähere Angaben über alle diese Fragen befinden sich u. a. in meiner Arbeit „Einige Stalldüngerfragen“, Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 41, 81–100 (1936).

Es hat sich weiter ergeben, daß anzustreben ist, daß das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff in einem verrotteten Stalldünger nicht höher ist als 20 : 1¹⁾.

Auf dieser Wissensgrundlage bauen sich im wesentlichen die neuzeitlichen Verfahren der Stallmistpflege auf. Von den Verfahren, um einen guten Verlauf des Verrottungsprozesses zu erreichen, hat sich das blockweise Hochstapeln des Stalldüngers gegenüber der Flachlagerung als überlegen erwiesen. Wir wissen auch, wie man zu verfahren hat, um jene Stickstoffverluste möglichst zu vermeiden, denen der Stalldünger auf dem Wege von der Dungstätte bis zur Unterbringung ausgesetzt ist.

3. Gibt es heute noch einen Raubbau?²⁾

Die mitgeteilten Untersuchungen legen die Frage nahe, ob bei der heutigen Bewirtschaftung der deutschen Böden noch ein „Raubbau“ auf den einen oder anderen Nährstoff stattfindet. Diese Frage ist zu bejahen, denn die Bilanzzahlen zeigen, daß selbst bei einer so reichlichen Düngung, wie sie bei den angeführten Bilanz-Versuchen angewandt wurde, die erheblich stärker war als sie heute in manchen Wirtschaften gegeben wird, dem Boden in manchen Fällen mehr Stickstoff und Kali entnommen wurden, als ihm zugeführt worden waren. Hinzu kommen noch die eventuellen Auswaschungsverluste. Das bedeutet, daß es heute noch manche Böden in Deutschland geben wird, bei denen eine ständige Abnahme des Bodenkapitals an Nährstoffen eintritt. Eine solche Abnahme macht sich in der Höhe der Ernten nicht von heute auf morgen bemerkbar, wohl aber allmählich im Laufe der Zeit, wenn ihr nicht dort, wo es angezeigt

¹⁾ Experimentelle Unterlagen befinden sich in meiner Arbeit: „Die Bedeutung des Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnisses und anderer chemischen Eigenschaften der organischen Stoffe für ihre Wirkung.“ Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 17, 320–355 (1930).

²⁾ Als Liebig das Wort Raubbau gebrauchte, wurde er sehr heftig angegriffen und als viele Jahre später (1909) Th. Pfeiffer in seiner Schrift „Stickstoffsammelnde Bakterien, Brache und Raubbau“ denselben Ausdruck gebrauchte, wurde er auch in manchen Kreisen falsch ausgelegt, weil man, wie Fr. Löhnis mitteilte, von einem Raubbau in der Landwirtschaft dann spricht, wenn ein Landwirt, der sich im Vermögensverfall befindet, seinen Acker noch auf jede mögliche Weise auszubeuten sucht.

ist, durch entsprechende Düngungsmaßnahmen entgegengewirkt wird. Auch aus diesem Grunde werden wir in Zukunft unsere Düngung in vielen Fällen verstärken müssen¹⁾.

4. Die Notwendigkeit der Bodenkontrolle. Die Methoden zur Ermittlung des Düngungsbedürfnisses der Böden

Eine stärkere Inanspruchnahme des Bodenkapitals ist nur so lange unbedenklich, als der Boden reich genug an den betreffenden Nährstoffen ist, sie wird gefährlich, wenn eine so weitgehende Verringerung der Nährstoffmengen eingetreten ist (bzw. wenn der Boden von Haus aus so arm daran ist), daß sie den Ansprüchen nicht mehr genügen, die wir heute stellen müssen. Es ist ohne weiteres verständlich, daß es sich hier um eine Frage handelt, die nicht nur von Bedeutung für den einzelnen Landwirt ist, sondern auch für den Staat. Es liegt deshalb nicht nur im Interesse der einzelnen Landwirte, sondern auch im Staatsinteresse, daß die deutschen Böden in möglichst großem Umfang planmäßig daraufhin untersucht werden, ob ihr Nährstoffgehalt für die heutigen Ansprüche noch ausreicht, oder ob er durch eine Düngung ergänzt werden muß. Das heißt mit anderen Worten: wie es um das Düngungsbedürfnis der Böden bestellt ist²⁾.

Es gibt verschiedene Verfahren, durch die man mit mehr oder weniger Sicherheit Auskunft über das Düngungsbedürfnis eines Bodens erhalten kann.

Feldversuche

Die an sich sicherste Methode ist, daß man solche Frage direkt mit Hilfe der Pflanzen an den Boden richtet, d. h. daß man auf dem zu prüfenden Felde entsprechende Düngungsversuche anstellt.

¹⁾ Aus Angaben von Dr. K. Schünemann ersehe ich nach Abschluß dieser Schrift, daß vom Reichsnährstand zu Beginn der Erzeugungsschlacht folgende Düngermengen für erforderlich betrachtet werden: N 1162340 t, P₂O₅ 1021023 t, K₂O 1842180 t. Das ist durchaus zu begrüßen.

²⁾ In Kriegszeiten ist eine solche Untersuchung und Kenntnis des Düngungszustandes der Böden besonders wichtig, um die zur Verfügung stehenden Düngemittel möglichst zweckmäßig verwenden zu können.

Aber solche Versuche erfordern viel Sorgfalt, Zeit und Arbeit, sie können deshalb immer nur im beschränkten Umfang durchgeführt werden. Es kommt hinzu, daß solche Versuche als Dauerversuche eingerichtet werden müssen, wenn sie vollen Nutzen haben sollen. Denn wenn bei nur einjährigen Versuchen sich z. B. ergab, daß eine Düngung mit dem einen oder anderen Nährstoff nicht wirkte, d. h. ohne Einfluß auf die Höhe des Ertrages war, so kann man daraus nur folgern, daß es dem Felde in dem betreffenden Versuchsjahre nicht an den betreffenden Nährstoffen fehlte, nicht aber, auf wie lange Zeit noch die vorhandenen Nährstoffmengen für gute Ernten ausreichen¹⁾. Wenn man aber ständig laufende Düngungsversuche anstellt, und dabei noch die Düngung in der Menge nach abgestuften Gaben gibt, dann kann man durch solche Versuche in genügend scharfer Weise auch noch darüber Auskunft erhalten, welche Düngermengen man in rentabelster Weise anwenden kann.

Gefäßversuche

Man kann ferner so verfahren, daß man den Boden durch Gefäßversuche auf sein Düngungsbedürfnis prüft. Man nimmt zu diesem Zweck von der Ackerkrume des Feldes eine möglichst gute Durchschnittsprobe, füllt sie in kleine Gefäße von etwa 10 bis 20 kg Inhalt und stellt damit die erforderlichen Düngungsversuche an. Durch solche Versuche kann man in noch genauerer Weise ermitteln, wie sich der Boden gegenüber einer Düngung verhält, weil man manche Fehlerquellen ausschalten kann, die dem Feldversuche unvermeidlich anhaften. Wenn der Boden in den Gefäßen nicht auf eine Düngung reagierte, so kann man nach den Angaben von E. A. Mitscherlich auch noch — im Gegensatz zum Feldversuch — durch solche Gefäßversuche feststellen, ob der Nährstoffvorrat noch für weitere (Mitscherlich meint 5) Jahre ausreicht. Man muß zu diesem Zweck den Boden mit der entsprechenden Menge von nährstoffreiem Sand verdünnen.

¹⁾ Es ist ja auch zu bedenken, daß bei Feldversuchen die Wirkung der gegebenen Düngung nicht nur abhängt von dem Nährstoffgehalt des Bodens, sondern auch von der zufällig herrschenden Witterung, der Art der Anwendung der Düngung und noch manchen anderen Faktoren.

Solche Gefäßversuche sind an sich sehr wertvoll. Für die Praxis haben sie aber nur einen beschränkten Wert, denn sie haben den großen Nachteil, daß bei ihnen der Einfluß des Untergrundes der Böden, der ja ebenfalls für die Pflanzenernährung eine große Bedeutung hat, ausgeschaltet ist, und daß zudem manche Wachstumsfaktoren anders gestaltet sind, als es auf freiem Felde der Fall ist. Die Ergebnisse sind deshalb nicht ohne weiteres auf das zu beurteilende Feld zu übertragen und verlangen manche Ausdeutungen, die nicht immer sicher begründet, sondern mehr oder weniger unsichere Annahmen sind. Das gilt auch für die Berechnung der Düngung auf Grund des Mitscherlichschen Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren, so wertvoll es an sich ist.

Allgemein ist noch zu bemerken, daß solche Gefäßversuche ebenfalls ziemlich umständlich und kostspielig sind, so daß sie auch nicht in so großem Umfang durchführbar sind, wie es wünschenswert ist.

Die Laboratoriumsmethoden

Wenn man daher möglichst viele Böden untersuchen will, dann muß man über Methoden verfügen, die es ermöglichen, unter Umgehung solcher umständlichen Feld- und Gefäßversuche, Aufschluß über das Düngungsbedürfnis zu gewinnen. Sie müssen außerdem einfach und billig genug sein, um sie in größerem Umfange durchführen zu können, und genau genug, um zuverlässige Ergebnisse zu liefern. Das sind Forderungen, die, wie jeder Fachmann weiß, schwer zu erfüllen sind. Man hat schon seit Liebigs Zeiten (etwa seit 1860) versucht, das Düngungsbedürfnis eines Bodens auf chemischem Wege durch Untersuchung im Laboratorium festzustellen. Man verwendete für die Löslichkeitsbestimmungen der Nährstoffe auch nicht nur konzentrierte Säuren, sondern auch ganz schwache Lösungsmittel, wie Wasser, kohlen säurehaltiges Wasser, Essigsäure, Lösungen von Salzen. Aber man gelangte nicht zu einem befriedigenden Ergebnis.

Erst in neuerer Zeit ist es gelungen, diese sogenannten Laboratoriumsmethoden immer mehr so zu verfeinern, daß man mit ihrer Hilfe brauchbare Ergebnisse erzielen kann. Die Zielsetzung bzw. das Wesen der Laboratoriumsmethoden ist anderer Art als bei den Feld- und Gefäßversuchen. Man mißt durch sie nicht direkt

die Wirkung eines Nährstoffs auf den Ernteertrag des zu prüfenden Bodens, sondern man analysiert den Boden, d. h. man sucht Zahlenwerte für die in einem Boden vorhandenen, für die Pflanzen direkt nutzbaren (assimilierbaren) Nährstoffe zu finden. Zahlenwerte, die angeben können, ob ein Boden davon genügende oder ungenügende Mengen enthält, gemessen an den Bedürfnissen der Kulturpflanzen. Das Ideal wäre, ein Lösungsmittel aufzufinden, das innerhalb einer gewissen (kurzen) Zeit annähernd so viel Nährstoffe aus einer bestimmten Menge Boden herauslöst, wie es die Pflanzen auf dem Felde innerhalb einer Vegetationsperiode tun.

Eine Methode, die das leistet, besitzen wir zur Zeit nicht. Wir müssen uns deshalb darauf beschränken, ein Lösungsmittel zu finden, das gleichsinnig wie die Pflanzenwurzeln wirkt, das also, mit anderen Worten, bei Böden, die für einen Nährstoff düngungsbedürftig sind, deutlich andere Werte liefert als bei Böden, die nicht düngungsbedürftig sind.

Wir verfügen heute über verschiedene Untersuchungsmethoden, die das Düngungsbedürfnis eines Bodens in einer für die Praxis brauchbaren Weise zum Ausdruck bringen. Als Lösungsmittel verwendet man heute zumeist entweder Säuren (wie Zitronensäure, Milchsäure, Salpetersäure, Kohlensäure) oder Salzlösungen, die man in entsprechender Verdünnung in bestimmter Weise auf den Boden einwirken läßt. Auch den elektrischen Gleichstrom hat man zur Löslichmachung der assimilierbaren Nährstoffe in neuerer Zeit benutzt. Ferner verwendet man Mikroorganismen, um die löslichen Nährstoffmengen zu ermitteln. Viel von sich reden gemacht hat die sogenannte Keimpflanzenmethode nach H. Neubauer, die darauf beruht, daß man die von 100 Keimpflanzen (des Roggens) innerhalb von 14 Tagen aus 100 g Boden aufgenommenen Nährstoffmengen zur Beurteilung des Düngungsbedürfnisses benutzt.

Die Grenzzahlen

Um nun auf Grund solcher Laboratoriumsmethoden das Düngungsbedürfnis eines Bodens beurteilen zu können, muß man sogenannte „Grenzzahlen“ aufstellen, das sind Zahlenwerte, an die man sich halten kann, um zu erkennen, was die bei der Untersuchung gefundenen Zahlen für das Düngungsbedürfnis des untersuchten Bodens bedeuten.

Solche Grenzzahlen werden in der Weise gewonnen, daß man die Ergebnisse einer Laboratoriumsmethode in Vergleich setzt mit den Ergebnissen entsprechender Felddüngungsversuche oder Topfdüngungsversuche, die theoretisch den besten Vergleichsmaßstab bilden; sie werden also gewissermaßen geeicht.

Man kann solche Grenzzahlen auch auf rechnerischem Wege gewinnen, indem man von den Nährstoffmengen ausgeht, die die Kulturpflanzen dem Boden durch die Ernten entziehen, und dabei die Ausnutzbarkeit des Bodennährstoffs berücksichtigt.

Es liegt in dem Wesen solcher Laboratoriumsmethoden, daß jede ihre besonderen Grenzzahlen hat, da durch die verschiedenen Methoden nicht gleich große, sondern verschieden große Mengen sogenannter „pflanzenlösliche“ Nährstoffe in der gleichen Bodenmenge ermittelt werden.

Wenn z. B. die Grenzzahlen für Phosphorsäure mit 20 mg, für Kali mit 40 mg je 100 g Boden angenommen werden (diese Zahlen sind nur als Beispiel gewählt und nicht die einer bestimmten Methode), so bedeutet das, daß ein Boden, dessen Untersuchung einen Gehalt von weniger als 20 mg Phosphorsäure bzw. 40 mg Kali ergab, mit diesen Nährstoffen gedüngt werden muß. Enthält er mehr davon, so ist er mit diesen Nährstoffen genügend versorgt. Bei der Beurteilung solcher Grenzzahlen ist aber zu beachten, daß es keine Grenzzahlen gibt, die für alle Verhältnisse Gültigkeit besitzen, da der Wert einer Grenzzahl verschieden ist je nach der Ertragsfähigkeit des betreffenden Bodens. Es ist ja auch ohne weitere theoretischen Erörterungen leicht verständlich, daß z. B. ein durch die Untersuchung ermittelter Gehalt eines Bodens von 40 kg aufnehmbarer Phosphorsäure je ha einen ganz anderen Wert für einen Boden hat, der an sich nur geringe Erträge liefert und deshalb weniger Nährstoffe für die Ernten benötigt, als für einen Boden, dessen Ernten vielleicht doppelt so hoch sind.

Solche Grenzzahlen zeigen demnach nur, welche Mengen leicht aufnehmbarer Nährstoffe in dem untersuchten Boden annähernd enthalten sind. Diese Kenntnis ist aber schon ein wichtiger Anhalt für den erfahrenen Betriebsführer. Sie ermöglicht es ihm, daraufhin die vorzunehmende Düngung je nach Art des Bodens und der ganzen Betriebsführung beurteilen und dafür sorgen zu können, daß der Boden stets einen günstigen Nährstoffgehalt besitzt. Weil solche Untersuchungen des Bodens schon an sich immer nur Annäherungswerte liefern können, und aus dem Umstand, daß sie sich in der Regel auf die Untersuchung der Ackerkrume beschränken¹⁾, sowie aus noch anderen Gründen ist es zur Zeit nicht möglich, einen Boden mit Hilfe dieser Laboratoriumsmethoden so scharf zu beurteilen, d. h. seinen Düngerbedarf so genau festzustellen, daß man ganz bestimmte Angaben darüber machen kann, mit welchen Mengen eines Nährstoffs in einem gegebenen Falle gedüngt

¹⁾ Es ist bekannt, daß die Pflanzen auch aus dem Untergrunde nicht unbedeutliche Nährstoffmengen aufnehmen können. Durch die Tieflockerung der Böden, die immer mehr vorgenommen wird, werden die tieferen Bodenschichten noch mehr als bisher für die Ernährung der Pflanzen nutzbar gemacht.

werden muß. Man muß sich vorläufig noch damit begnügen, auf Grund des Untersuchungsbefundes anzugeben, ob ein Boden gut, mäßig oder schlecht mit einem Nährstoff versorgt ist, wie das schon vor Jahren (1927) von A. Densch und anderen Agrikulturchemikern vorgeschlagen worden ist.

Es ist ferner zu beachten, daß es zweckmäßig ist, die Untersuchung des Bodens häufiger zu wiederholen, da sein Gehalt an assimilierbaren Nährstoffen sich aus mancherlei Gründen von Jahr zu Jahr ändern kann.

Die Nährstoffkontrolle des Bodens durch Buchführung

Es ist nicht angängig, den Bodenvorrat an Nährstoffen auf Grund einer nur einmaligen Bodenuntersuchung in der Weise zu kontrollieren, daß man auf Grund von Durchschnittszahlen die Nährstoffmengen, die einem Felde durch die Ernten entzogen bzw. ihm durch die Düngung zugeführt worden sind, einander gegenüberstellt und so eine Bilanz aufstellt. Denn solche Durchschnittszahlen sind an sich unsicher, und andere unbekannte Werte, wie u. a. die Größe der Auswaschung, die Größe des Nachlieferungsvermögens des Bodens (die durch die Laboratoriumsmethoden ermittelten sogenannten pflanzenlöslichen Nährstoffmengen stellen ja immer nur einen Teil der wirklich vorhandenen dar), machen eine solche Bilanz noch unsicherer. Sie vermag also nur einige Anhaltspunkte zu geben. Auf Grund wertvoller Versuche hat in neuerer Zeit K. Opitz wieder auf die Unsicherheit eines solchen Verfahrens hingewiesen.

Welche Methode ist die beste?

Bei der großen Bedeutung solcher Boden-Untersuchungsmethoden entsteht natürlich die Frage, welche Methode die sichersten Ergebnisse liefert. In Deutschland benutzt man neben der Milchsäure- (Laktat) und Zitronensäuremethode namentlich die Keimpflanzenmethode.

E. A. Mitscherlich hat in unserer Zeit (1938) wieder darauf hingewiesen, daß diese Keimpflanzenmethode in manchen Gegenden versagt hat, und daß andere Länder überhaupt nicht viel von ihr wissen wollen. Er hält ihre allgemeine Einführung für einen Mißgriff, wodurch der Landwirtschaft unter Umständen größter Schaden zugefügt werden könne. Auch P. Ehrenberg hat kürzlich (1939) wieder Bedenken über diese Methode bei der Untersuchung von Grünland auf seinen Gehalt an wurzellöslicher Phosphorsäure geäußert.

Auf Grund theoretischer Überlegungen und angestellter Prüfungen kann man sagen, daß die verschiedenen Laboratoriums-

methoden, die man heute bei uns und im Auslande benutzt — wie u. a. die Keimpflanzenmethode, die Michsäure- (Laktat), Zitronensäure-, Salpetersäuremethode —, theoretisch gleichwertig sind und praktisch gleich brauchbare Ergebnisse liefern, soweit es sich darum handelt, festzustellen, ob es einem Boden an dem einen oder anderen Nährstoff mehr oder weniger fehlt oder nicht, daß man aber durch keine dieser Methoden in genügend sicherer Weise feststellen kann, welche Nährstoffmengen man gegebenenfalls anwenden muß.

Angesichts dieser Verhältnisse wird man gut tun, für die Praxis der Bodenuntersuchung einer Methode den Vorzug zu geben, die am schnellsten und billigsten durchzuführen ist, um so möglichst viele Böden planmäßig untersuchen zu können. Für die Feststellung des Phosphorsäurezustandes der Böden benutzt man zur Zeit wohl am meisten die Laktatmethode von Egnér.

Die Schnelligkeit und Billigkeit der Methoden

Um der berechtigten Forderung nach Schnelligkeit und Billigkeit der Untersuchung nachzukommen, hat man die Laboratoriumsmethoden immer mehr zu Schnellmethoden ausgebaut. Zu diesem Zweck führt man z. B. die Bestimmung des Kaliums und der Phosphorsäure auf flammenphotometrischem und kolorimetrischem Wege aus, wodurch viel Zeit gespart wird in Vergleichung mit der gewichtsanalytischen Analyse.

Die moderne Chemie benutzt heute mit Erfolg viele physikalischen Methoden für ihre Zwecke: optische Verfahren, Thermodynamik, Akustik, Röntgenlicht u. a. m. Der Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physikalische Chemie und Elektrochemie, Prof. P. A. Thiessen, erinnerte aber kürzlich (1939) mit Recht daran, „daß alle diese Verfahren die klassischen Untersuchungsmethoden im Grunde nicht ersetzen könnten und stets der Prüfung und Bewährung an stofflichen Maßstäben bedürften“.

Man wird also den Grundsatz der ständigen Kontrolle der Schnellmethoden mit aller Schärfe durchführen müssen, damit nicht die Richtigkeit zugunsten der Schnelligkeit Schaden leidet. Das ist um so mehr geboten, als den Boden-Untersuchungsmethoden von

Haus aus manche Unsicherheiten anhaften, wie die bisherigen Ausführungen gezeigt haben.

5. Wie ist es um die Düngebedürftigkeit der deutschen Böden bestellt?

Nach Angaben von Dr. Herrmann (1939) haben die bisherigen, schon sehr zahlreichen Untersuchungen ergeben, daß von den untersuchten Böden etwa 70 % unter Phosphorsäuremangel leiden und etwa 50 % als kaliarm zu bezeichnen sind.

Diese Feststellungen zeigen die große Bedeutung solcher Untersuchungen. Zu den Zahlen selbst sei noch folgendes bemerkt. Wenn durch die Laboratoriumsmethoden festgestellt worden ist, daß der Gehalt eines Bodens an leicht aufnehmbaren Nährstoffen gut oder schlecht ist, dann kann man auf Grund der Befunde ein fast immer zutreffendes Urteil darüber abgeben, ob der Boden mit dem betreffenden Nährstoff gedüngt werden muß oder nicht. Das heißt aber auf Grund der vorliegenden Zahlen in etwa 70 % der Fälle. Wenn die Untersuchung aber ergab, daß der Boden nur mittelmäßig mit Nährstoffen versorgt ist, dann wird die Beurteilung unsicher. Man wird dann entweder noch andere Methoden zur Beurteilung heranziehen oder dem Landwirt raten müssen, aus Sicherheitsgründen den fraglichen Boden zu düngen und die Untersuchung baldmöglichst wiederholen zu lassen. Die angeratene Düngung bedeutet in diesem Falle eine Versicherungsgebühr gegen etwaigen Schaden durch eine Unterlassung der Düngung.

Die Bedeutung der Kenntnis der Gesamtmenge des vorhandenen Nährstoffs

Die Ermittlung der Gesamtmenge eines im Boden vorhandenen Nährstoffes hat für die Feststellung der Düngerbedürftigkeit keine unmittelbare Bedeutung und wird daher meist unterlassen. Es ist aber für die Beurteilung des Bodens wichtig, auch diese Menge zu kennen. Denn der Wert der ermittelten sogenannten pflanzenlöslichen Nährstoffmenge muß verschieden beurteilt werden, je nach-

dem ob sie schnell und lange Zeit hindurch aus der vorhandenen Gesamtmenge des betreffenden Nährstoffes ergänzt werden kann oder nicht. Ich will dafür ein Beispiel anführen. Zwei Böden *T* und *S* enthielten in 100 g Boden je 14 mg wurzellösliche Phosphorsäure, also gleich viel. Die Gesamtmenge der vorhandenen Phosphorsäure betrug dagegen bei *T* 158 mg, bei *S* nur 72 mg. Es ist klar, daß solche Böden verschieden beurteilt werden müssen. Wenn es, wie bei dem Kalium, sehr umständlich ist, die wirkliche Gesamtmenge zu bestimmen, dann genügt es auch, wenn man den in starker Salzsäure löslichen Teil in bekannter Weise ermittelt.

6. Die Bedeutung der sogenannten „Harmonie“ der Nährstoffe für die Düngung

Bei den Untersuchungen über die Ernährung der Pflanzen stellte sich bald heraus, daß es für eine „richtige“ Ernährung der Pflanzen nicht nur darauf ankommt, ihnen die Nährstoffe in ausreichender Menge und passender Form zu geben, sondern daß auch zu berücksichtigen ist, daß die Nährstoffe in einem optimalen („harmonischen“) Verhältnis in der Pflanzennahrung vorhanden sind. Die Forderung nach einem passenden Verhältnis der Nährstoffe in der Nahrung der Pflanzen, d. h. im Boden, ergibt sich schon aus Liebig's Gesetz vom Minimum; sie ist auch schon von ihm, wenn auch nicht in scharf ausgeprägter Form gestellt worden. Er sagte ganz allgemein, daß in einem fruchtbaren Boden alle zur Ernährung der Pflanzen erforderlichen Bestandteile in richtiger Menge und richtiger Form vorhanden sein müßten. Rein theoretisch ist es natürlich richtig, daß es für die Entwicklung der Pflanzen am besten ist, wenn ihr alle Wachstumsfaktoren in optimaler Menge, Form und Konzentration und damit auch optimalem Mengenverhältnis dargeboten werden.

Praktisch ist das nur bis zu einem gewissen Grade zu verwirklichen. Aus mancherlei Gründen, von denen ich hier nur folgende anführen will. Wenn die Frage der Harmonie des Nährstoffs, d. h. des günstigsten Nährstoffverhältnisses der zu verabfolgenden Düngung erörtert wird, dann werden dabei zumeist nur die Nährstoffe Stick-

stoff, Phosphorsäure und Kali berücksichtigt. Es ist aber bekannt, daß ein gewisser Antagonismus (d. h. eine gegenseitige Wirkungsbeflussung) noch zwischen manchen anderen Elementen besteht¹⁾. Es kommt hinzu, daß wir das für die einzelnen Kulturpflanzen optimale Nährstoffverhältnis nicht so genau kennen, daß wir darüber sichere, allgemein gültige quantitative Angaben machen könnten. Vermutlich kann es innerhalb gewisser Grenzen schwanken, ist also nicht starr. Aber wenn wir es auch genauer kennen würden, so würde es doch kaum möglich sein, es auf dem Felde herzustellen. Denn die Herstellung der sogenannten Harmonie der Nährstoffe darf sich natürlich nicht allein auf das Verhältnis der in der Düngung zu gebenden Nährstoffmengen erstrecken, sondern es müssen dabei auch die im Boden vorhandenen Verhältnisse berücksichtigt werden.

Die Ausführungen in den vorherigen Kapiteln haben aber gezeigt, daß wir quantitative Angaben über die in einem Boden vorhandenen Nährstoffmengen nicht machen können, d. h. es fehlt die Vorbedingung für eine quantitative Gestaltung des Nährstoffverhältnisses im Boden. Es kommt weiter hinzu, daß durch die Adsorptionswirkungen des Bodens die Pflanzenlöslichkeit der ihm durch die Düngung zugeführten Nährstoffe geändert wird²⁾.

Aber die Frage, welches Nährstoffverhältnis man bei der Düngung herzustellen hat, hat praktisch nicht die Bedeutung, die man ihr hin und wieder beigemessen hat, abgesehen von seltenen Fällen, die einer besonderen Klärung bedürfen.

Wenn der Boden gesund ist, keine anormalen Erscheinungen aufweist und sein Kalkzustand in Ordnung ist, dann wird der Landwirt keinen Fehler machen, wenn er seinen Boden lediglich auf Grund der durch Bodenuntersuchungen oder eigene Düngungsversuche festgestellten Düngerbedürftigkeit für den einen oder

¹⁾ So ist u. a. das Verhältnis von Kalk : Kali und von Kalk : Magnesium von Bedeutung. Das erstere wird auch deshalb als bedeutungsvoll angesehen, weil es von Einfluß ist für die günstige Beschaffenheit des Plasmazustandes (Eukolloidalität).

²⁾ Je nach dem Charakter des Bodens wird das in verschieden großem Umfange geschehen. Das bedeutet zugleich, daß das Wirkungsfeld der verschiedenen Nährstoffe im Boden, d. h. die verschieden große Verbreitung, verschieden gestaltet wird.

anderen Nährstoff düngt. Wenn ihm diese Unterlagen fehlen, dann wird er sich an die „Düngerrezepte“ halten können, die sich im Laufe der Zeit herausgebildet haben. Das Verhältnis der Nährstoffe Stickstoff : Phosphorsäure : Kali ist in ihnen etwa 100 : 50—100 : 150—200.

7. Die Bedeutung der Form der Düngemittel

Praktisch wichtiger ist die Frage, in welcher Form die Düngemittel in einem gegebenen Falle anzuwenden sind, um die besten Erfolge damit zu erzielen. Die Zahl der künstlichen Düngemittel ist heute viel höher, als es noch vor wenigen Jahrzehnten der Fall war. Sowohl die Stickstoffdünger, als auch die Kali- und Phosphorsäuredünger kommen in verschiedener Form auf den Markt. Sie unterscheiden sich nicht nur dadurch, daß der betreffende Nährstoff in ihnen in verschiedener Bindungsform vorhanden ist, sondern auch durch ihre physiologische und chemische Reaktion und durch ihren Gehalt an sogenannten Nebensalzen bzw. Ballaststoffen. Es hat sich nun herausgestellt, daß es nicht immer gleichgültig ist, welche Stickstoff-, Phosphorsäure- oder Kalidünger man zur Düngung benutzt, sondern daß es in manchen Fällen angezeigt ist, den Charakter des auszuwählenden Düngers dem Charakter der Pflanze oder dem Charakter des Bodens richtig anzupassen.

Die oft überraschend große unterschiedliche Wirkung der einzelnen Formen der verschiedenen Düngemittel hängt in manchen Fällen mit ihrem verschiedenen physiologischen bzw. chemischen Charakter zusammen, der sich, je nach dem Reaktionszustand des Bodens bzw. der Art der Pflanze, oft ganz verschieden auf die Höhe der Ernten auswirken kann.

Man kann bei den verschiedenen Düngemitteln drei Gruppen unterscheiden: die physiologisch sauren, basischen (alkalischen) und neutralen. Der verschiedene physiologische Charakter beruht im wesentlichen darauf, daß die Pflanzen die Düngersalze nicht als solche (als Molekül) aufnehmen, sondern daß sie von den beiden Bestandteilen der Salze, dem Säureanteil und dem Basenanteil (Anionen und Kationen) nicht gleich große, sondern verschieden

große Mengen aufnehmen, je nach der Art des Düngersalzes. Das hat zur Folge, daß entweder ein mehr saurer oder alkalischer Rest im Boden (bzw. der Nährlösung) zurückbleibt¹⁾.

Physiologisch sauer sind z. B. das schwefelsaure und salzsaure Ammoniak. Physiologisch basisch u. a. Natronsalpeter, Kalisalpeter, Kalksalpeter. Physiologisch neutral: Leunasalpeter, Nitrophoska, Superphosphat, Kalisalze.

Es hat sich nun herausgestellt, daß die Pflanzen sich gegen eine saure bzw. alkalische Reaktion zum Teil recht verschieden verhalten. Man kann deshalb beobachten, daß auf einem Boden durch gleich große Nährstoffmengen oft ganz verschieden hohe Erträge erzielt werden, je nach der Form, in der man sie anwendet.

Ich will das an Hand eines Versuchs zeigen, den ich angestellt habe. Auf den einzelnen Versuchspartzen erhielten die Pflanzen den Stickstoff und die Phosphorsäure entweder in physiologisch bzw. chemisch saurer Form: als schwefelsaures Ammoniak und Superphosphat (Superphosphat ist chemisch sauer) oder in basischer Form: als Natronsalpeter und Thomasmehl (Thomasmehl ist chemisch alkalisch) oder in neutraler Form: als Harnstoff und Dikalziumphosphat. Das Kalium wurde in allen Versuchsreihen als Chlorkalium oder Kaliumsulfat gegeben. Diese Art der Düngung wirkte sich in folgender Weise aus.

Art der Düngung	Geerntete Erträge (dz/ha)				
	Kartoffeln	Rüben		Gerste (Korn u. Stroh)	
Neutral.....	191	357	497	54	74
Sauer	238	341	302	54	68
Basisch.....	151	402	535	65	83

Kartoffeln einerseits, Rüben und Gerste andererseits lieferten also, je nach dem Charakter der Düngung, bei gleich großen Nähr-

¹⁾ Zur Vergleichung will ich anführen, daß man in den zur menschlichen und tierischen Ernährung dienenden Nahrungsmitteln einen säurebildenden und basenbildenden Anteil unterscheidet. Mehr Säurebildner als Basenbildner („säureüberschüssig“) sind Fleisch, Käse, Eier, Hülsenfrüchte, Getreide. „Basenüberschüssig“ sind Kartoffeln, Obst, die meisten Gemüse.

stoffmengen verschieden hohe Erträge. Die Kartoffeln verwerteten die saure Düngung am besten, die Rüben und Gerste die basische.

Auch die Kalisalze können, je nachdem sie das Kalium in Form der Chloride oder Sulfate enthalten, oder ob sie arm oder reich sind an sogenannten Nebensalzen (wie Natriumchlorid, Magnesiumchlorid), eine verschiedene Wirkung auf den Ertrag ausüben. Ebenfalls ist es nicht immer gleichgültig für den Ertrag, ob man auf den Böden die Phosphorsäure als Superphosphat oder Thomasmehl anwendet.

Alle diese Fragen sind so genau studiert, daß man ausreichend genaue Anweisung bezüglich der Auswahl der verschiedenartigen Düngemittel geben kann. Über den Einfluß der künstlichen Düngemittel auf die Bodenbeschaffenheit und die Qualität der Ernteprodukte wird später noch einiges gesagt werden.

8. Der Gesundheitszustand der Böden. Untersuchungsmethoden

„Aber der Landwirt muß nicht nur ständig den Nährstoffhaushalt seines Bodens überwachen. Er muß seinem Boden auch sonst gleichsam wie ein Arzt gegenüberstehen, und er muß dafür sorgen, daß der Boden keine für den Pflanzenwuchs schädlichen Eigenschaften annimmt, daß er vielmehr stets einen guten Kulturzustand behält, oder, wenn ich im Bilde bleiben soll, daß er sich stets in einem gesunden Zustand befindet. Denn günstige chemische, biologische und physikalische Eigenschaften sind die wichtigsten Vorbedingungen nicht nur für eine gesunde, kräftige Entwicklung der Pflanzen, sondern auch für eine möglichst gute Auswirkung der künstlichen Düngemittel . . .“¹⁾

Es ist daher eine wichtige Aufgabe der Landwirtschaft, den deutschen Boden, den sie betreut, in einem guten Kulturzustand zu erhalten, ihn davor zu schützen, daß er krank wird und seine Ertragsfähigkeit sich verringert.

¹⁾ Aus einem Vortrage des Verfassers in der Hauptversammlung der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft über das Thema: „Was muß der Landwirt wissen, um rationell zu düngen.“ Mitteilungen d. Deutsch. Landw. Ges. 1926, Nr. 12.

Den Begriff des kranken Bodens kannte man schon vor Liebigs Zeiten. In einer akademischen Rede über „Wissenschaft und Landwirtschaft“ sagte er (1861) u. a.: „Wenn die Halmgewächse auf demselben Felde nacheinander angebaut im zweiten oder dritten Jahre keine lohnenden Ernten mehr lieferten, so sagte er (der Landwirt), das Feld sei erschöpft; wenn aber andere Pflanzen, z. B. Klee und die Rüben auf demselben Felde wiederkehrend keine lohnende Ernte mehr gaben, so sagte er, das Feld sei krank . . . ; die Erschöpfung der Getreidefelder hob er auf durch Dünger, für die Futterfelder suchte er eine Arznei. . . .“

Heute wissen wir, daß die „Krankheit“ der Böden verschiedener Art sein und verschiedene Ursachen haben kann. Sie kann hervorgerufen werden u. a. durch einen Nährstoffmangel, durch das Fehlen gewisser Elemente, die man als Spurenelemente bezeichnet hat, durch schlechte Bodenbearbeitung und namentlich auch durch einen ungünstigen Reaktionszustand.

Die Bedeutung des Reaktionszustandes

Für das Gedeihen unserer Kulturpflanzen ist es in der Regel am besten, wenn der Boden annähernd neutral reagiert, es schadet auch meist nicht viel, wenn er eine nur schwach saure oder schwach alkalische Reaktion besitzt. Wenn aber die Azidität oder die Alkalität des Bodens eine gewisse Grenze überschreitet, dann kann das für den ganzen Fruchtbarkeitszustand des Bodens von großem Nachteil sein. Nicht nur direkt für die Pflanzen, sondern auch indirekt insofern, als der Boden manche für den Pflanzenwuchs ungünstige Eigenschaften annimmt. Böden, die von Haus aus alkalisch reagieren gibt es in Deutschland kaum. Sie kommen u. a. vor in Ägypten, Amerika, Ungarn. Eine schädliche alkalische Reaktion kann aber auf unseren Böden unter Umständen durch eine Düngung hervorgerufen werden. So z. B. bei der einseitigen Verwendung von den physiologisch-basischen Düngemitteln (z. B. Natronsalpeter). Die schädliche Wirkung einer alkalischen Reaktion auf die Pflanzen, äußert sich in der Weise, daß, wahrscheinlich in Folge von Stoffwechselstörungen bzw. Einwirkung auf das Plasma, bei einigen Pflanzen bestimmte Krankheitserscheinungen auftreten. So z. B. die Dörrfleckenkrankheit des Hafers, die Herz- und Trockenfäule der Rüben. Auch die Entstehung einiger Formen des Kartoffelschorfes

wird durch die alkalische Reaktion begünstigt. Wir wissen heute auch, daß Kulturpflanzen in verschiedenem Maße gegen eine alkalische Reaktion empfindlich sind. Empfindlich sind z. B.: Möhren, Kartoffeln, Lein, gelbe Lupine, Hafer. Weniger empfindlich sind u. a.: Zuckerrüben, Bohnen, Erbsen, Klee, Luzerne. Auch die physikalische Beschaffenheit des Bodens wird durch die Entstehung einer alkalischen Reaktion ungünstig beeinflußt. Sie wirkt aufteilend (dispergierend) auf die Bodenkolloide (Ton usw.) ein, d. h. mit anderen Worten: die für das Wachstum der Pflanzen günstige Krümelstruktur der Bodenteilchen geht in die ungünstige Form der Einzelkornstruktur über.

Häufiger sind die Böden, die eine saure Reaktion aufweisen. Hier muß man unterscheiden zwischen den sauren Humusböden und den sauren Mineralböden. Die sauren Humusböden (Moorböden) sind von Haus aus sauer, d. h. die in ihnen vorhandenen freien Humussäuren (und daneben noch geringe Mengen Schwefelsäure) bilden sich schon bei der Entstehung dieser Böden. Sie sind uns schon lange bekannt. Wir wissen auch, daß es zu ihrer Bewirtschaftung nötig ist, die Humussäuren zu 50 bis 60% durch eine entsprechende Kalkdüngung zu neutralisieren. Der Rest ist für die Kulturpflanzen nicht mehr schädlich, denn die Humussäuren sind an und für sich nur ziemlich schwache Säuren, da sie nur schwach dissoziieren. Eine vollständige Absättigung der Säuren ist sogar fehlerhaft, u. a. deshalb, weil unter dem Einfluß einer zu starken Kalkung sich die organische Substanz des Moores zu stark zersetzen und eine Verflachung der Ackerkrume eintreten würde.

Auch wissen wir schon seit längerer Zeit, daß in manchen Mineralböden (besonders Wiesen) infolge übermäßigen Wassergehalts und schlechter Durchlüftung freie organische Säuren entstehen, die diese Böden bis zu einem gewissen Grade sauer machen.

Ganz anderer Art ist aber die Versäuerung der Mineralböden, die durch eine Entbasung derselben entsteht. Sie ist erst seit einigen Jahrzehnten, besonders gleich nach dem Weltkriege, näher bekannt und untersucht worden. Die Mineralböden sind in der Regel von Haus neutral und sie bleiben solange neutral, als sie genügende Kalkmengen enthalten, sei es in Form von kohlensaurem Kalk oder von

Humaten oder Zeolithen. Zeolithe sind Verbindungen eines Kieselsäure-Tonerde-Komplexes mit verschiedenen Basen: wie Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Eisen, Aluminium; sie spielen im Boden bei verschiedenen Prozessen eine große Rolle.

Es ist nun ein ganz natürlicher Prozeß, daß ein Boden im Laufe der Zeit immer mehr an Kalk verarmt. Die Faktoren, die das bewirken, sind besonders das Wasser und die Kohlensäure, also dieselben, die auch hauptsächlich die Verwitterung der Gesteine und die Entstehung des Ackerbodens aus ihnen verursachen. Diese Art der Entbasung ist also gewissermaßen eine natürliche Alterserscheinung der Böden. In den landwirtschaftlich genutzten Kulturböden wird nun diese natürliche Entbasung noch durch verschiedene Umstände verstärkt. So durch die reichlichere Bildung von Kohlensäure infolge der Wurzelatmung der Kulturpflanzen. Kohlensäure und auch gewisse organische Säuren, die ebenfalls lösend wirken, entstehen auch durch die Tätigkeit der Mikroorganismen bei der Zersetzung der organischen Substanzen (Wurzeln, Stoppelreste, Stalldünger, Gründünger usw.) im Boden.

Die Kalkverbindungen werden auch durch Umsetzungen mit einigen Düngemitteln, die wir dem Boden zuführen, löslicher und damit leichter auswaschbar. So durch Ammoniumsalze, Kalisalze und Magnesiumsalze. Auch durch die Ernten wird dem Boden alljährlich Kalk entzogen.

Wenn sich nun solche Prozesse Jahr für Jahr im Boden abspielen, ohne das man etwas dagegen unternimmt, dann wird der Boden allmählich, je nach dem Grade der Entbasung, mehr oder weniger stark sauer. Von einem gewissen Grade der Bodenversauerung an besitzt der Boden dann Eigenschaften, die sich nach mancher Richtung hin landwirtschaftlich ungünstig auswirken.

Einmal leidet darunter die gute physikalische Beschaffenheit der Mineralböden, die immer einen gewissen Kalkgehalt zur Voraussetzung hat. Deshalb neigen saure, d. h. entkalkte Böden zur Einzelkonstruktur. Ferner leidet das Bakterienleben auf solchen sauren Böden Schaden, und es werden namentlich auch gerade diejenigen Bakterien geschädigt, die landwirtschaftlich wichtig sind.

So z. B. die Salpeterbildner und einige den Luftstickstoff bindenden Bakterien (Azotobakter). Auch für die Kulturpflanzen ist ein solcher saurer Boden nachteilig. Sie werden nicht nur direkt durch höhere Säuregrade geschädigt (vielleicht infolge der Veränderung des Plasmas und der Zellwände), sondern sie werden auch anfälliger für manche Krankheiten (Monilia, Kohlhernie, Schwarzbeinigkeit, Wurzelbrand).

Besonders empfindlich gegen eine Bodenazidität sind u. a. Luzerne, Bohnen, Erbsen, Klee, Wicken, Rüben, Senf, Gerste, Weizen. Weniger empfindlich sind: Serradella, Lupinen, Kartoffeln, Hafer, Buchweizen. Für das Grünland ist eine ganz schwache saure Reaktion nicht ungünstig. Auch die meisten Zierpflanzen lieben eine leicht saure Reaktion. — Leider gibt es in Deutschland schon viele Böden, die so stark entkalkt und so sauer geworden sind, daß ihr Fruchtbarkeitszustand gelitten hat.

Aber wir stehen solchen Reaktionsänderungen der Böden heute nicht machtlos gegenüber. Wir kennen ihr Wesen, und es ist der Forschung gelungen, Untersuchungsverfahren ausfindig zu machen, durch die man schnell und sicher den jeweiligen Reaktionszustand bzw. Entkalkungsgrad der sauren Böden feststellen kann und die es uns ermöglichen, den Boden rechtzeitig und richtig mit den erforderlichen Kalkmengen zu versehen. Wir vermögen also das Auftreten einer Bodenversäuerung zu vermeiden und sie, wo sie vorhanden ist, zu beseitigen. Wir wissen auch, wie wir die ganze Bewirtschaftung der Böden (Auswahl der Dünger und Pflanzen) dem verschiedenen Reaktionsgrade anzupassen haben. Diese Erkenntnisse sind eine große Errungenschaft der Wissenschaft in den letzten Jahren.

9. Haben die künstlichen Düngemittel eine ungünstige Wirkung auf den Gesundheitszustand der Böden?

Man hat behauptet, und manche Kreise tun es noch heute, daß die künstlichen Düngemittel ungünstig auf die Bodenbeschaffenheit einwirken. Ist das richtig? Können die künstlichen Düngemittel eine solche Wirkung ausüben? Wenn man die Frage so stellt, dann

kann man sie mit ja beantworten. Die Möglichkeit für eine solche Wirkung ist in bestimmten Fällen vorhanden. Und wenn man fragt: können die künstlichen Düngemittel die Eigenschaften eines Bodens günstig beeinflussen, dann kann man diese Frage ebenfalls bejahen.

Das haben die bisherigen Ausführungen schon erkennen lassen. Man darf also nicht eine eventuell mögliche ungünstige Wirkung der künstlichen Düngemittel auf den Boden einseitig hervorheben. Dadurch kommt man zu einer falschen Beurteilung. Ich will, in Ergänzung des schon Gesagten, noch folgendes dazu anführen. Zwei Großfaktoren der Bodenfruchtbarkeit sind der Kalk und der Humus.

Es gibt nun gewiß Düngemittel, die die Löslichkeit des Kalkes im Boden fördern, damit seine Auswaschung vergrößern und somit eine saure Bodenreaktion hervorrufen können. In dieser Weise wirken, wie ich schon erwähnte, die Ammoniumsalze und die Kalisalze. Am stärksten entkalkend wirken die Magnesiumsalze, dabei ist aber zu berücksichtigen, daß in dem Absorptionskomplex der Kalk durch das Magnesium ersetzt wird. Ich möchte daran erinnern, daß unter Umständen eine saure Reaktion bis zu einem gewissen Grade erwünscht ist. In einigen Gegenden hat man es als zweckmäßig befunden, bestimmte Flächen eines Betriebes sauer zu lassen, um darauf mit besserem Erfolg säureliebende Pflanzen zu bauen. (Ich erinnere an den Vorschlag von Hudig in Holland und an die Sauerbodenkultur von Coville, Nordamerika.)

Aber die Löslichkeit und Auswaschungsmöglichkeit des Kalkes im Boden wird auch erhöht durch eine Düngung mit Stalldünger, Gründünger und anderen organischen Düngemitteln, infolge der dadurch erhöhten Kohlensäurebildung im Boden. Auch eine künstliche Zufuhr von Wasser (Beregnung) erhöht die Auswaschung des Kalkes über das normale (natürliche) Maß hinaus. Niemand wird aber wegen dieser Eigenschaften von einer ungünstigen Wirkung dieser Dünger bzw. Maßnahmen sprechen. Außerdem gibt es Düngemittel genug, durch die man solche unerwünschten Nebenwirkungen einiger künstlichen Düngemittel aufheben kann, wenn es angezeigt ist. Ferner ist zu bemerken, daß auch eine Düngung mit Kalk unter Umständen ungünstig auf den Boden einwirken kann, aber keiner

wird wegen dieser seiner Eigenschaft sagen, daß man die Anwendung von Kalk vermeiden müsse. Der alte Satz, daß der Kalk reiche Väter und arme Söhne mache, hat längst seine Bedeutung verloren, seitdem man gelernt hat, ihn richtig anzuwenden.

Ähnlich verhält es sich bezüglich des Einflusses der künstlichen Düngemittel auf den Humusgehalt des Bodens. Gewiß gibt es Düngemittel, die die Zersetzung der organischen Substanzen im Boden beschleunigen können; so die Stickstoffdünger und die Kalldünger. Aber die Zersetzung der organischen Substanz wird ebenso gefördert durch eine intensive Bodenbearbeitung und eine Beregnung des Bodens. Und dann ist namentlich zu bedenken, daß die erhöhte Zersetzung der organischen Substanzen, die eventuell durch eine Stickstoffdüngung hervorgerufen werden kann, in anderer Weise reichlich aufgewogen wird. Denn durch diese Düngung wird eine erhebliche Mehrproduktion von Erntemasse (also organischer Substanz) bewirkt, deren Wurzeln und Stoppeln dem Boden verbleiben und seinen Humusgehalt erhöhen (vgl. S. 82).

Solche Beispiele lassen sich leicht vermehren.

Ich habe schon erwähnt, daß es Fälle gibt, in denen gewisse künstliche Düngemittel auch die physikalische Beschaffenheit eines Bodens ungünstig beeinflussen können. Bei einer sachgemäßen Anwendung ist eine solche Wirkung aber nicht zu befürchten. Das zeigen u. a. die umfangreichen Untersuchungen, die J. Apsits in Riga kürzlich (1938) über den Einfluß einiger Handelsdünger (Natronsalpeter, Superphosphat, Thomasmehl, Kalisalze) auf die Bodenstruktur veröffentlicht hat. Er fand, „daß keines der geprüften Düngemittel die Struktur der Ackerkrume, ihre Luft- und Wasser- verhältnisse in einem praktisch bedeutsamen Maße verändert hat“.

Es ist auch nicht richtig, daß, wie man wiederholt behauptet hat, die für den Kulturzustand eines Bodens so wichtige Tätigkeit der Mikroorganismen durch die Anwendung der künstlichen Düngemittel geschädigt wird. Umfangreiche Untersuchungen, die über diese Frage in meinem Institut angestellt worden sind, haben erwiesen, daß eine solche Schädigung bei einer sachgemäßen Anwendung der künstlichen Düngemittel nicht zu befürchten ist.

Es ist also falsch und irreführend, wenn man die künstlichen Düngemittel einseitig beurteilt und dadurch in Mißkredit zu bringen versucht.

10. Die Untergrundskrankheiten. Einfluß der Bodenbearbeitung

Wir kennen auch verschiedene Untergrundskrankheiten der Böden. Sie sind zum Teil dadurch charakterisiert, daß der ganze Untergrund infolge mancherlei Einflüsse zu dicht geworden ist. Das kann eintreten, wenn der Boden zu weit entkalkt ist. Es gerät dann das Eisen stärker in Lösung, und es entstehen dann, namentlich auch auf den leichteren Diluvialsandböden, im Untergrunde lokale Verhärtungen, die sogenannten Eisersande. Auf anderen Böden, namentlich den norddeutschen Sandböden, kommt es durch Verkittung der Untergrundsbildungen mit Heidehumus zu der schädlichen undurchlässigen Ortsteinbildung.

Kranke Böden können auch durch eine falsche Bodenbearbeitung entstehen. So leiden, wie v. Nitzsch und andere Forscher in letzter Zeit festgestellt haben, viele Böden in Deutschland (aber auch in anderen Ländern) an der „Pflugsohlenkrankheit“, wie man diese Erscheinung genannt hat. Sie kommt zustande, wenn Böden ständig (oder doch wiederholt) bis zur gleichen Tiefe gepflügt werden. Es entsteht dann eine harte Schicht, die für die Ausbildung des Wurzelsystems, die Luft- und Wasserbewegung im Boden ungünstig ist.

Man hat festgestellt, daß die Erträge auf solchen Böden durch Auflockerung des Untergrundes erheblich gesteigert wurden. Es ist deshalb wichtig, daß das Pflügen abwechselnd verschieden tief vorgenommen wird. Eine richtige Bodenbearbeitung ist überhaupt eine hohe Kunst. „Richtig geackert ist halb gedüngt“ ist eine alte Spruchweisheit. Denn eine gute Bodenbearbeitung trägt zu einer guten Krümelstruktur des Bodens bei und dazu, daß es im Boden nicht an Luft und Wasser fehlt, die Vorbedingungen für ein gutes Wachstum der Früchte sind.

Nach den vorliegenden Untersuchungen kann man annehmen, daß z. B. für einen guten Acker eine Luftkapazität von 10 bis 20%

nötig ist. Für ein günstiges Wachstum einiger Getreidearten nimmt man eine Luftkapazität des gewachsenen Bodens von 10 bis 15 % als optimal an, für Gerste und Zuckerrüben von 15 bis 20 %, für Süßgräser von etwa 8 bis 10 %.

Man kann auch sagen, daß ein Boden dann eine gute Struktur besitzt, wenn er je zur Hälfte aus fester Substanz und Hohlräumen besteht und wenn dieses Porenvolumen etwa zu 70 % Wasser fassen kann. Neben einer chemischen Untersuchung der Bodenbeschaffenheit darf also die Untersuchung und Kontrolle seiner physikalischen Beschaffenheit nicht vernachlässigt werden.

Sechstes Kapitel:

Die Bedeutung der Mikroorganismen für den Acker- und Pflanzenbau, das Aufkommen des neuen Wissenszweiges der Mikrobiologie des Bodens und Düngers. Die Humusfrage und der Kohlenstoffhaushalt der Böden. Die Erntesteigerung wird nicht allein durch die Düngung bewirkt. Die Bedeutung der anderen Faktoren. Ist eine weitere Steigerung der Ernteerträge durch eine verstärkte Düngung möglich? Bis zu welcher Höhe?

1. Die Bedeutung der Mikroorganismen

Der bekannte Betriebslehrer F. Aereboe schrieb einmal, daß die beiden Agrikulturchemiker J. Liebig und H. Hellriegel (1831 bis 1895) dem deutschen Volke mehr Boden erobert hätten, als Friedrich der Große und Bismarck zusammen. In der Tat sind die Forschungen von H. Hellriegel neben denen von J. Liebig von entscheidender Bedeutung für die Fortentwicklung der Agrikulturchemie und der Landwirtschaft geworden. H. Hellriegel und sein Mitarbeiter H. Wilfarth waren es, die durch ihre klassischen und weltberühmten Versuche über die Stickstoffernährung der Leguminosen und Gramineen zuerst die große Bedeutung der Bakterien für die Ernährung der Pflanzen zeigten. Als Hellriegel im Jahre 1886 auf der 59. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin seine Forschungen bekanntgab, da hatte man das Gefühl, wie Adolf Mayer sagte, „daß eine brennende Frage, ebenso unerwartet wie endgültig, gelöst worden sei, kurz dessen, was man eine Epoche zu nennen pflegt“. Worin liegt nun die Bedeutung dieser Forschungen? Ich will das kurz zeigen. In den Schriften der landwirtschaftlichen Statiker zu Beginn des 19. Jahrhunderts finden wir den Begriff der „bodenbereichernden Pflanzen“, wozu man u. a. die Kleearten rechnete. Man glaubte, daß diese Pflanzen keinen Dünger brauchten, sondern vielmehr solchen erzeugten, d. h. daß sie den Boden nach der Ernte reicher an Dungkraft zurückließen,

als er sie vorher gehabt hatte. Als man dann später das Wesen der Pflanzenernährung näher erkannt und gelernt hatte, den komplexen Begriff „Dünger“ in die einzelnen Komponenten zu zerlegen, da erkannte man bald, daß es nur die Stickstoffdüngung ist, hinsichtlich welcher sich die Leguminosen fundamental von allen übrigen Kulturpflanzen unterscheiden, und man teilte sie nunmehr ein in die „Stickstoffzehrer“ und die „Stickstoffmehrer“. Zu den Stickstoffmehrerzählte man alle Schmetterlingsblütler bzw. Leguminosen: also Klee, Erbsen, Bohnen, Wicken, Lupinen, Luzerne usw., zu den Stickstoffzehrern alle übrigen Kulturpflanzen.

Diese Erkenntnis bedeutet schon einen großen Fortschritt, denn während es bis dahin als eine Verschwendung galt „bodenbereichernde“ Pflanzen überhaupt zu düngen, wußte man jetzt, daß das Fortlassen der Düngung sich nur auf den Pflanzennährstoff Stickstoff beziehen dürfe. Es entstand nun die wichtige Frage: welches ist die Stickstoffquelle, die den Leguminosen zur Verfügung steht, während sie den übrigen Pflanzen verschlossen ist. Man hat diese Frage bei uns und im Auslande lange Zeit hindurch mit großem Eifer und Scharfsinn studiert und zu lösen versucht. Aber immer ohne Erfolg, sie wurde, je mehr man forschte, immer rätselhafter und hielt Wissenschaft und Praxis in Spannung. Soviel war klar, daß hier ganz besondere Verhältnisse vorliegen mußten. Das zeigte sich auch, als es im Jahre 1886 den beiden Agrikulturchemikern H. Hellriegel und H. Wilfarth gelang, das Rätsel zu lösen. Sie zeigten, daß die Leguminosen sich dadurch von den übrigen Pflanzen unterscheiden, daß sie imstande sind, den Luftstickstoff zu ihrer Ernährung zu benutzen; sie könnten das zwar an und für sich nicht, ebensowenig wie alle übrigen Gewächse, aber sie hätten die Fähigkeit, mit bestimmten Bakterien, die in ihren Wurzelknöllchen leben, ein Gemeinschaftsleben (Symbiose) zu führen, und diese Bakterien (die sogenannten Knöllchenbakterien) wären es, die ihnen den Stickstoff der Luft zuführten, während die Leguminosen den Bakterien als Gegenleistung die Kohlehydrate für ihre Ernährung lieferten.

Das war etwas ganz Neues, denn an die Möglichkeit, daß Bakterien bei der Ernährung der Leguminosen beteiligt sein könnten, hatte bisher niemand gedacht.

Diese Entdeckung Hellriegels wurde ebenso wie die Arbeiten Liebig's ein Markstein in der Entwicklung der Landwirtschaft. Sie wurde sowohl wissenschaftlich wie praktisch von größter Bedeutung. Praktisch insofern, als man erst seit dieser Zeit das System der Gründüngung (um deren Einführung sich namentlich der praktische Landwirt Schultz-Lupitz sehr große Verdienste erworben hat) wirklich planmäßig betreiben konnte, um dem Boden Stickstoff (und organische Substanzen) zuzuführen. Denn das Wesen der Gründüngung besteht ja darin, daß man Leguminosen zum Zwecke der Stickstoffgewinnung aus der Luft planmäßig anbaut und unterpflügt. Man konnte nun auch gewisse Leguminosen, z. B. Serradella, in Gegenden bauen, wo sie bisher nicht angebaut worden waren. Es war dies jetzt dadurch möglich, daß man den Böden die betreffenden Bakterien durch „Impfung“ zuführte. Wenn man sich eine ungefähre Vorstellung von den Stickstoffmengen machen will, die auf diese Weise in Deutschland dem Boden aus der Luft zugeführt werden, so kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß sie etwa im großen und ganzen auf 40 bis 50 kg je ha zu veranschlagen sind. Genauere Angaben lassen sich deshalb nicht machen, weil die in den Leguminosen enthaltenen Stickstoffmengen, je nach ihrer geringen oder guten Entwicklung, verschieden groß sind, und weil man nicht sicher weiß, wieviel davon aus der Luft, wieviel aus dem Boden aufgenommen worden sind. Für ganz Deutschland hat man diese Menge auf 250 000 t Stickstoff geschätzt. Ich glaube, daß diese Schätzung zu hoch ist.

Es wurden in Deutschland in den Jahren 1937 und 1938 etwa 2 Millionen ha Leguminosen angebaut (dazu etwa 460 000 ha Klee-gras). Nimmt man die Größe der Stickstoffbindung mit 50 kg/ha an, so ergibt sich eine Menge von rund 100 000 t Stickstoff. Jedenfalls ist der durch die Gründüngung dem Boden zugeführte Stickstoff von großer Bedeutung für seinen Stickstoffhaushalt.

Die Entdeckung Hellriegels hatte noch eine andere sehr wichtige Folge für die Weiterentwicklung der Wissenschaft und ihre praktische Nutzenanwendung. Insofern, als man anfang, sich intensiver mit der Bedeutung der Mikroorganismen für den Ackerbau zu befassen. Man erkannte dadurch immer mehr, daß der Boden keine

tote, starre Masse ist, in der sich nur chemische und physikalische Prozesse abspielen, sondern daß er bevölkert ist von einer außerordentlich großen Zahl von Lebewesen, namentlich von den verschiedensten Arten der Bakterien und Pilze, und daß deren Tätigkeit nicht nur für den Haushalt der Natur im allgemeinen sondern auch für den Fruchtbarkeitszustand des Bodens von größter Bedeutung ist. So erkannte man u. a., daß es diese Mikroorganismen sind, die den Kulturpflanzen die organischen Stickstoffverbindungen, die im Boden vorhanden sind (z. B. in Form der Stoppelrückstände, der Wurzeln), oder die ihm durch den Dünger zugeführt werden, erst zugänglich machen, und zwar dadurch, daß sie diese Stickstoffformen in Ammoniak- und Salpeterverbindungen umwandeln (mineralisieren).

Auch andere Nährstoffe, wie z. B. der Phosphor, sind im Boden zum Teil in organischen Verbindungsformen enthalten. Man erkannte ferner, daß es die Mikroorganismen sind, die den Humus im Boden entstehen lassen. Diese Erkenntnis hatte zur Folge, daß man nunmehr die organischen Substanzen mit ganz anderen Augen ansah, denn man erkannte, daß sie die wichtigste und eigentliche Nahrung der Mikroorganismen sind, ohne die sie nicht leben können, daß also die Mikroorganismen-tätigkeit im Boden abhängt von seinem Gehalt an organischen Stoffen. Auch die ganze Stalldüngerfrage, die Art der Aufbewahrung und Anwendung hat ein anderes Aussehen bekommen, seitdem man gelernt hat, sie vom biologisch-chemischen Standpunkt aus zu betrachten. So rief die neue Wissenschaft der Mikrobiologie des Bodens und Düngers nicht nur eine weitgehende Vertiefung sondern auch eine teilweise Änderung der Anschauungen hervor. Eine wirklich rationelle Düngung und Bodenpflege ist nur, so wissen wir heute, unter voller Berücksichtigung dieser neuerworbenen Kenntnisse möglich.

Es erregte ein gewaltiges Aufsehen, als man eines Tages entdeckte, daß es im Boden Bakterien gibt, die die wunderbare Fähigkeit besitzen, den Stickstoff der Luft als Nährstoff zu benutzen, ohne daß sie ein Gemeinschaftsleben mit den Leguminosen führen¹⁾.

¹⁾ Der französische Forscher Berthelot sprach 1885 zuerst auf Grund von Versuchen die Meinung aus, daß im Boden eine Stickstoffbindung auch durch andere Mikroorganismen als die Leguminosenbakterien stattfindet.

Denn diese Entdeckung bedeutete praktisch, daß der Stickstoff der Luft dem Boden auch unabhängig von dem Anbau von Gröndungspflanzen zugeföhrt werden kann. Als man diese merkwürdigen Bakterien entdeckt hatte, da knüpfte man in manchen Kreisen an ihre Tätigkeit ganz außerordentlich hohe Erwartungen. Man glaubte, daß man durch eine entsprechende Bodenpflege diese Bakterien so sehr vermehren und ihre Tätigkeit so stark fördern könne, daß man weniger Stickstoff in Form von künstlichen Düngemitteln anzuwenden brauche. Man prägte damals das Wort, daß jetzt die Zeit gekommen wäre, wo der Pflug an Stelle des Düngersackes zu treten hätte¹⁾. Diese Ansicht stützte sich auf falsch gedeutete Bracheversuche und mußte bald der besseren Erkenntnis weichen, daß das Stickstoffbindungsvermögen eines Bodens nur beschränkt ist und im wesentlichen bestimmt wird durch die Menge der organischen Substanzen, die den stickstoffbindenden Bakterien im Boden als Nahrung und Energiequelle zur Verfügung steht. Diese Menge ist aber verhältnismäßig gering, da im Boden ja noch zahlreiche andere Bakterienarten und Pilze leben, die den größten Teil dieser Kohlenstoffverbindungen für sich in Beschlag nehmen. Auf Grund von Versuchen und Berechnungen kann man annehmen (um eine ungefähre Vorstellung zu gewinnen), daß unter den meisten Verhältnissen in einem Boden, der sich in einem guten Kulturzustand befindet, auf diese Weise etwa 25 kg Stickstoff jährlich auf der Fläche eines

Der russische Forscher Winogradsky isolierte dann 1893 aus dem Boden eine Bakterienart (*Clostridium pastorianum*), die solche Eigenschaften besitzt. Der holländische Forscher Beyerink entdeckte dann 1901 eine noch stärker wirksame Bakterienart (*Azotobacter chroococcum*). Um die Tätigkeit dieser Organismen richtig zu würdigen, muß man daran denken, daß wir ganz gewaltige Energiemengen in den chemischen Fabriken aufwenden müssen, wenn wir durch Menschenhand den Stickstoff der Luft chemisch binden wollen.

¹⁾ Wie sehr diese Angelegenheit damals die landwirtschaftlichen Kreise bewegte, kann man auch daraus entnehmen, daß findige Geschäftsleute eine Gesellschaft für Luftdüngung gründeten. Sie stellten ein Präparat her, das sie unter dem Schlagwort: „Dünge mit Luft“ in den Handel brachten. Es sollte den Boden porös machen, dadurch das Eindringen der Luft erleichtern und so die Stickstoffdüngung fördern. Natürlich war das Präparat ganz wertlos.

Hektars gebunden werden. Das ist eine Menge, die für die Stickstoffbilanz eines Bodens immerhin von erheblicher Bedeutung ist. Es hat natürlich nicht an Vorschlägen gefehlt, um die Stickstoffbindung im Boden durch diese Bakterien zu steigern. Aber das ist schwer zu erreichen, denn es besteht kein tiefgreifender Unterschied zwischen den Lebensbedingungen dieser Stickstoffbinder einerseits und denen der zahlreichen anderen Mikroorganismen des Bodens andererseits. Es ist deshalb nicht möglich, die Stickstoffbinder einseitig zu fördern. Besonders ist es auch nicht möglich, die stickstoffbindende Kraft eines Bodens dadurch zu erhöhen, daß man ihm künstlich solche stickstoffbindenden Bakterien in Form sogenannter Impfdünger zuführt, wie man das wiederholt und mit viel Reklame, aber ohne Erfolg, versucht hat. Denn stickstoffbindende Bakterien sind in jedem guten Boden vorhanden, und es besteht ein durch die Natur des Bodens gegebener Gleichgewichtszustand zwischen ihnen und den anderen Organismen. Daran vermag die geringe Menge der einem Boden künstlich zugeführten stickstoffbindenden Bakterien nichts Wesentliches zu ändern.

Wenn man die Stickstoffbindung in einem Boden möglichst günstig gestalten will, dann kann man das nur dadurch erreichen, daß man für einen guten Kulturzustand des Bodens sorgt und dafür, daß die Bakterien in ihm genügend große Mengen von Kohlenstoffverbindungen vorfinden. Davon werden dann auch die Stickstoffbinder Nutzen haben.

2. Die Humustrage, der Kohlenstoffhaushalt der Böden ¹⁾

Diese Ausführungen zeigen zugleich, daß der Humus längst wieder eine sehr viel höhere Einschätzung gewonnen hat, als Liebig

¹⁾ Was man heute noch im allgemeinen als Humus bezeichnet, ist in Wirklichkeit kein echter Humus, da in unseren Kulturböden beträchtliche Mengen von organischen Substanzen vorhanden sind, die noch nicht humifiziert sind. Man spricht deshalb richtiger von dem Gehalt des Bodens an organischen Substanzen oder an Kohlenstoff. Das beste heutige Verfahren zur Bestimmung des wirklichen Humus ist die Acetylbromidmethode nach H. Springer. Acetylbromid löst noch nicht humifizierte Pflanzenstoffe, aber nicht Humusstoffe.

sie ihm zumaß. Wir wissen heute, daß der Humus ein Großfaktor der Bodenfruchtbarkeit ist, nicht nur, weil er die Nährstoffquelle für die Mikroorganismen des Bodens ist, sondern auch deshalb, weil er seine physikalischen und chemischen Eigenschaften in mannigfacher Weise sehr günstig beeinflußt. Er ist es auch, der vornehmlich die sogenannte „alte Kraft“ des Bodens ausmacht.

Wir sind deshalb — wenn auch aus anderen Gründen als die Anhänger der Humustheorie — auch heute wieder durchaus bestrebt, den Humusgehalt, oder mit anderen Worten den Kohlenstoffhaushalt der Böden, möglichst zu pflegen und zu verhindern, daß er sich verringert.

Wenn man sich eine annähernd richtige Vorstellung von dem Kohlenstoffhaushalt des Bodens machen will, dann kann man annehmen, daß einem normal bewirtschafteten Boden im großen und ganzen etwa folgende Mengen an organischer Substanz zugeführt werden.

Durch die Ernterückstände (Wurzeln, Stoppeln) jährlich etwa 1000 bis 4000 kg, durch den Stalldünger (bei einer Gabe von 300 bis 400 dz alle 4 Jahre) jährlich etwa 1250 bis 1750 kg, durch eine Gründüngung (je nach der Entwicklung der Pflanzen) etwa 3000 bis 9000 kg organische Substanz.

Die Größe des Abbaues der organischen Substanz im Boden durch die Mikroorganismen schwankt sehr. Löhnis schätzt den jährlichen Verlust auf 2%, Lundegardt auf 1 bis 2%. Versuche in meinem Institut ergaben einen ähnlich hohen Abbau. Andere Forscher fanden, daß die jährliche Zersetzung sogar 4 bis 6% betragen kann.

Wenn man eine hohe Zersetzung von 5% annimmt, so würde das bedeuten, daß bei einem Humusgehalt des Bodens von 2% etwa 3000 bis 4000 kg organische Substanz jährlich abgebaut, also aus dem Boden verschwinden würden. Im großen und ganzen kann man annehmen, daß bei einer guten Bewirtschaftung des Bodens, wie sie Regel ist, die Kohlenstoffbilanz des Bodens meist positiv oder doch ausgeglichen ist.

Wenn man die Zersetzungsvorgänge im Boden richtig beurteilen will, dann muß man berücksichtigen, daß die organischen Substanzen, die dem Boden durch eine Düngung frisch zugeführt werden, und die, die in ihm schon enthalten sind, einen verschiedenen Wert besitzen und verschieden zu beurteilen sind. Das zeigt schon der Umstand, daß sie sich ganz verschieden schnell im Boden zersetzen. Man kann etwa folgendes annehmen. Durch eine Düngung mit 300 dz/ha Stalldünger wird der Gehalt der Ackerkrume an organischer Substanz alle 4 Jahre etwa um 0,145% vermehrt. Von dieser in den Boden gebrachten Menge sollen nach den Untersuchungen von J. König bereits im ersten Jahre nach der Unterbringung etwa 75 bis 80% zersetzt werden ¹⁾. Erst der dann im Boden zu Humus umgewandelte Rest wird, ebenso wie die bereits im Boden vorhandenen organischen Stoffe, jährlich zu etwa 2 bis 5% weiter abgebaut. Die Zersetzung der organischen Substanzen der Gründüngung vollzieht sich schneller als die des Stalldüngers. Wir fanden in meinem Institut bei einem Laboratoriumsversuch, daß innerhalb der Versuchszeit zersetzt wurden von der organischen Substanz der Lupinen 72,33%, des Stalldüngers 36,12%, des Bodens 1,24%. Diese Zahlen sind umgerechnet auf Kohlenstoff. Der Umstand, daß der Stalldünger und die Gründüngung im Boden schneller zersetzt werden als die organische Substanz des Bodens, d. h. die eigentlichen Humusstoffe, wirkt sich, was praktisch wichtig ist, dahin aus, daß dadurch der „wirkliche Humus“ des Bodens vor weiterer Zersetzung mehr oder weniger geschützt wird. Denn es ist eine in der Physiologie bekannte Gesetzmäßigkeit, daß schwer zersetzbare Substanzen durch Zugabe leichter abbaufähiger vor weiterem Abbau bewahrt werden.

Auch bezüglich der Humusfrage ist die Wissenschaft im ständigen Fortschreiten begriffen. Sie hat durch die Forschungen gerade der letzten Jahre unsere Kenntnisse von dem Werden des Humus, den verschiedenen Humusformen, ihrem Wert, der Möglichkeit, ihre Bildung im Boden und im Stalldünger zu beeinflussen, wesentlich gefördert. Man versucht heute auch andere Stoffe als Stalldünger, Gründünger und landwirtschaftliche Abfallstoffe zur Humusgewinnung zu benutzen.

¹⁾ Diese Zahlen dürften als Durchschnittswerte zu hoch sein.

3. Die Erntesteigerung wird nicht allein durch die Düngung bewirkt. Die Bedeutung der Faktoren: Pflanzenzüchtung, Pflanzenschutz, Bodenpflege

Es ist aber nicht allein die verbesserte Ernährung der Pflanzen mit Hilfe der mineralischen (künstlichen) Düngemittel, der wir unsere heutigen Ernten zu verdanken haben, sondern es sind dabei noch andere Faktoren maßgebend beteiligt. So einmal die großen Erfolge der Pflanzenzüchtung, der es gelang, zunächst durch das Ausleseverfahren, später auch (etwa seit Beginn dieses Jahrhunderts) durch die Kombinationszüchtung immer leistungsfähigere Rassen zur Ausnutzung von Boden und Klima zu schaffen und insbesondere auch solche Rassen zu züchten, die imstande sind, eine reichliche Düngung gut auszunutzen. Und auch solche, die möglichst widerstandsfähig gegen die Schädigungen von pilzlichen und tierischen Schädlingen sind (Resistenzzüchtung). Das ist deshalb wichtig, weil die ertragsreichen Hochzuchten gegen den Befall durch diese Schädlinge anfälliger sind als die robusteren Landsorten.

Der praktische Betrieb der Pflanzenzüchtung war, wie es K. v. Rümker gezeigt hat, „eine natürliche Folge der durch die Fortschritte der Agrikulturchemie und die Entwicklung des Hackfruchtbaues gesteigerten Bodenkultur“. Es erwies sich als nötig, „Pflanzenformen zu besitzen bzw. zu schaffen, welche eine weitere Steigerung der Kultur vertragen und verwerten“.

Eine zielstrebige Pflanzenzüchtung begann in Deutschland etwa in den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Seitdem hat sie Hervorragendes geleistet. Man hat nun die Frage aufgeworfen, ob es möglich sei, noch ertragreichere Sorten zu züchten als wir sie heute besitzen. Dr. Laube, ein bekannter Züchter, meint, daß mit Hilfe der Kreuzungszüchtung die Ertragsfähigkeit unserer heutigen besten Sorten noch um weitere 10 bis 15 % gesteigert werden könne, freilich nicht von heute auf morgen.

Zur Verhütung und Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten hat sich eine besondere Wissenschaft herausgebildet, der Pflanzenschutz, der ebenfalls von großer Bedeutung für die Volksernährung geworden ist. Wenn der Pflanzenschutz auch nicht direkt zu einer

Erhöhung der Ernten beiträgt, so verhindert er doch ihre Verringerung durch das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen. Nach Angaben von O. Appel betragen solche Schädigungen z. B. bei Getreide 20 %, bei Kartoffeln 30 %, bei Zuckerrüben 15 %, bei Gemüse 20 %, bei Obst 30 %, bei Wein 40 %.

Ferner sind auch die jetzigen hohen Ernten mitbedingt durch die bessere Bearbeitung und Pflege des Bodens mit Hilfe der Maschinen sowie durch die Unkrautbekämpfung.

Man hat wiederholt versucht zu schätzen, in welchem Maße diese verschiedenen Faktoren Anteil an der Ertragssteigerung bzw. jetzigen Ertragshöhe haben. Aber die so gewonnenen Zahlen haben, abgesehen von ihrer Unsicherheit, keine Bedeutung für die etwaige Aufstellung einer Rangordnung. Alle diese Faktoren sind gleich wichtig, denn sie ergänzen einander, um die Gesamtwirkung hervorzubringen. Ebenso wie ja auch im Leben der Pflanzen alle Nährstoffe bzw. lebensnotwendigen Vegetationsfaktoren gleich wichtig sind, trotzdem ihr Produktionswert oft ganz verschieden groß ist.

4. Ist eine weitere Steigerung der Ernteerträge durch eine verstärkte Düngung möglich? Bis zu welcher Höhe?

Wir haben gesehen, daß es gelungen ist, unsere Ernten, namentlich mit Hilfe der künstlichen Düngemittel, so erheblich zu steigern, daß wir zur Zeit im Durchschnitt an Brotgetreide rund 17 dz Winterroggen, 21 dz Winterweizen und an Kartoffeln rund 160 dz je ha ernten.

Es entstehen nun zwei ebenso interessante wie wichtige Fragen, nämlich erstens die, ob wir unsere Ernten in Deutschland noch weiter steigern können, und dann die andere, bis zu welchem Grade das eventuell möglich ist.

Die erste Frage können wir mit Sicherheit bejahen. Denn es gibt noch viele, namentlich kleinere Wirtschaften, deren Erträge, vor allem mangels ausreichender Düngung, noch erheblich unter dem Erzielbaren liegen und die deshalb erhöht werden können. Das ergibt sich schon aus folgender Gegenüberstellung.

In den mehr intensiv betriebenen Wirtschaften verwendet man im großen Durchschnitt in Deutschland je ha und Jahr vielleicht etwa 30 bis 40 kg Stickstoff, 30 bis 40 kg Phosphorsäure, 60 bis 90 kg Kali in Form von Handelsdüngern.

Im Gesamtdurchschnitt wurden jedoch in Deutschland (1936/37) je ha landwirtschaftlich benutzter Fläche nur angewandt: 17,1 kg Stickstoff, 22,1 kg Phosphorsäure und 33 kg Kali.

Zu diesen Zahlen sei bemerkt, daß nach Angaben von Prof. Th. Remy folgende Düngungen erstrebenswert sind:

bei Erwartung mittlerer Ernten: 30 kg N, 40 kg P_2O_5 , 94 kg K_2O ,
 „ „ „ hoher „ 50 kg N, 60 kg P_2O_5 , 144 kg K_2O .

P. Wagner gibt als eine mittelhohe Düngung an:

40 kg N, 60 kg P_2O_5 , 80 kg K_2O .

Prof. Fr. Aereboe meinte vor einigen Jahren, man müsse die Landwirte dahin bringen, daß sie zu Getreide 2 dz, zu Kartoffeln 4 dz, zu Rüben 5 dz Stickstoffdünger je ha verwenden, das sind also rund: 30 bis 40 bzw. 60 bis 80 bzw. 75 bis 100 kg N, je nachdem man einen Gehalt der N-Dünger von 15 oder 20 % der Rechnung zugrunde legt.

K. Maiwald teilte kürzlich mit, daß in guten landwirtschaftlichen Betrieben zur Zeit angewendet werden zu kg je ha:

	N	P_2O_5	K_2O
Zuckerrüben	80–100	60–70	80–100
Runkelrüben	60–80	40–60	100–140

Daß wir unsere Düngung verstärken können und müssen, ist also nicht zu bezweifeln. Schwieriger und nur mit großem Vorbehalt ist die andere Frage zu beantworten, bis zu welcher Höhe wir auf Grund unseres heutigen Wissens und der uns heute zur Verfügung stehenden Hilfsmittel die Flächenerträge steigern können, wo also die Grenze liegt, über die wir nicht hinaus kommen können.

Mit dieser Frage hat sich schon vor längerer Zeit der bekannte Agrikulturchemiker Adolf Mayer beschäftigt. Er meinte, daß es eine der Hauptaufgaben der Agrikulturchemie wäre, festzustellen,

welche Mengen an organischer Substanz im Maximum auf der Fläche eines Hektars erzeugt werden könnten, und ob das zur Zeit bestehende Maximum begrenzt würde durch das zur Verfügung stehende Licht, den Kohlensäuregehalt der Luft usw. Von dieser Erkenntnis sei der weitere Fortschritt im Pflanzenbau wesentlich abhängig. Er meinte auch, daß man bei dem Bau von Futtergewächsen (und auch anderen) den Gesichtspunkt mit berücksichtigen müsse, durch welche Pflanze die größte Menge an organischer Substanz erzeugt werden könne¹⁾. Er nahm an, daß unter den Verhältnissen der großen Praxis in der gemäßigten Zone zur Zeit 10000 kg organische Substanz als das Maximum bezeichnet werden könne. An einer anderen Stelle sind 10000 bis 12000 kg angegeben worden. Von dieser Menge ist diejenige in Abzug gebracht worden, die durch die Pflanzen wieder während der Vegetationszeit veratmet worden ist. Das bedeutet, daß die wirklich produzierte Menge an organischer Substanz erheblich höher ist, denn nach den Versuchen von R. Heinrich betragen die Atmungsverluste 30% und mehr, und J. Stocklasa fand bei Rüben, daß 44% der organischen Substanz veratmet wurden²⁾.

Wenn man nun die von Adolf Mayer angegebenen Zahlen umrechnet auf die Erntemengen einiger Kulturpflanzen, dann entsprechen sie annähernd einer Erntemenge von etwa

40 bis 48 dz Getreidekörnern nebst dem dazugehörenden Stroh,
 300 bis 360 dz Kartoffeln nebst dem dazugehörenden Kraut,
 450 bis 500 dz Zuckerrüben nebst den dazugehörenden Blättern.

Aus dem Schrifttum können wir ersehen, daß Ernten in solcher Höhe heute auch in der großen Praxis erzielbar sind.

¹⁾ Es sei darauf hingewiesen, daß kürzlich der Reichsbauernführer die Parole ausgegeben hat: „Steigert die Erträge im Hackfruchtbau“, denn die Hackfrüchte erzeugen auf der Flächeneinheit erheblich mehr Nährwerte (zwei- bis viermal soviel) als das Getreide.

²⁾ Mit den Atmungsverlusten hängt es, nebenbei gesagt, auch zusammen, daß grüne Pflanzen abends reicher an Kohlehydraten sind als frühmorgens und deshalb auch einen höheren Nährwert besitzen. So fand man z. B. bei einem Versuche, daß abends gepflückte Erbsen viel mehr Stärke und Zucker enthielten als die am Morgen gepflückten. Das gilt natürlich auch für Gras, Gemüse usw.

Paul Wagner erntete bei reichlicher Düngung und unter günstigen klimatischen und Bodenverhältnissen in verschiedenen Jahren je ha:

Weizenkörner	52,0	40,5	41,0	37,0 dz
Roggenkörner	37,0	39,9	36,8	40,5 dz

M. Gerlach erntete in klimatisch günstigen Jahren auch auf leichtem, hellem Sandboden 37,6 dz Roggenkörner je ha, auf schwach humosem, lehmigem Sandboden sogar 44,2 dz.

Auch Kartoffelerträge in der Höhe von 300 bis 360 dz/ha sind bei uns erzielt worden.

Aber das sind Maximalerträge, die noch nichts darüber aussagen, wie hoch die bei uns erreichbaren Durchschnittserträge etwa anzunehmen sind.

Doch auch hierüber haben wir Anhaltspunkte. Man hat nämlich in neuerer Zeit in den verschiedensten Gegenden Deutschlands langfristige und zahlreiche Versuche darüber angestellt, wie hoch die Erträge sind, die man durch eine Düngung, die praktisch in Frage kommt, erzielen kann.

So veröffentlichte S. Gericke kürzlich (1939) die Ergebnisse von 4850 Düngungsversuchen aus den Jahren 1927 bis 1937, die zeigen, daß bei einer mittelstarken Düngung von etwa 40 kg N, 60 kg P₂O₅, 80 kg K₂O geerntet wurden:

Getreide.....	25,7 dz/ha im Mittel von 2550 Versuchen
Kartoffeln....	255,4 „ „ „ „ 1100 „

In den Jahren 1927—1936 betragen die Getreideernten verschiedener Früchte bei Roggen 23,3, Hafer 27,1, Weizen 26,7, Gerste 25,8 dz/ha.

A. Bierbeck, H. Keese und H. Reith fanden, daß im Mittel von 600 Versuchen (der I. G. Farbenindustrie) in den Jahren 1925—1936 durch eine Düngung mit 40 bzw. 60 kg N neben ausreichenden Mengen von K₂O und P₂O₅ (für die Zahlen nicht angegeben worden sind) im Durchschnitt geerntet wurden, an Kartoffeln 249,2 bzw. 266,1 dz/ha.

Bei Düngungsversuchen zu Weizen in den Jahren 1925—1937, die von F. Ströbele, H. Keese und H. Reith veröffentlicht

wurden, ergab sich, daß bei einer Grunddüngung, bestehend aus 30 bis 60 kg P_2O_5 und 60 bis 90 kg K_2O durch

30 kg N/ha	29,8 dz/ha
40 „ „	30,1 „
50 „ „	32,8 „

Weizenkörner geerntet wurden.

Diese Zahlen geben uns brauchbare Anhaltspunkte zur Beantwortung der Frage, bis zu welcher Höhe es in absehbarer Zeit möglich sein wird, die Durchschnittserträge in Deutschland mit Hilfe einer verstärkten Düngung zu steigern.

Voraussetzung aber ist, wie immer wieder betont werden muß, daß wir neben der Düngung auch alle übrigen Faktoren möglichst günstig für die Pflanzen gestalten müssen. Und dazu gehören in erster Linie die Verwendung möglichst leistungsfähigen Saatgutes, die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und die Schaffung möglichst guter Standortverhältnisse für die Pflanzen, d. h. eine gute Bodenbearbeitung und die Gesunderhaltung des Bodens.

Siebentes Kapitel:

Können die klimatischen Faktoren: Wasser, Wärme, Licht, im Interesse der Pflanzenproduktion verbessert werden? Können die Ernten noch durch andere Maßnahmen erhöht werden? Die Verbesserung der Kohlensäureernährung. Die Bedeutung der sogenannten Spurenelemente, der radioaktiven Substanzen, der Elektrizität, der Reizstoffe und Wuchsstoffe für die Pflanzen. Haben kosmische und terrestrische Strahlen einen Einfluß auf das Pflanzenwachstum?

1. Die klimatischen Faktoren

Wasser, Wärme, Licht sind die hauptsächlichsten klimatischen Faktoren, die für die Bodennutzung durch die Kulturpflanzen von entscheidender Bedeutung sind. Man hat deshalb auch schon seit langer Zeit die Abhängigkeit des Pflanzenwachstums von diesen Faktoren weitgehend und eingehend studiert und auch untersucht, ob und wieweit man sie im Interesse des Pflanzenbaues verbessern kann. Schon H. Grouven forderte in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts neben der schon vorhandenen Bodenphysik eine Agrikultur-Meteorologie als neue Wissenschaft, um den Einfluß von Regen, Wärme, Kälte, Licht auf die pflanzliche Stoffbildung, die Verwitterungsprozesse im Boden usw. zu erforschen. Die Beeinflussung des Makroklimas entzieht sich der menschlichen Macht, abgesehen davon, daß sie durch den Waldbau bis zu einem gewissen Grade möglich ist. Das Mikroklima sucht der Landwirt durch mancherlei Kulturmaßnahmen möglichst günstig zu gestalten bzw. gut auszunutzen.

Das Wasser

Von ganz besonderer Bedeutung ist die Wasserfrage. Durch eine Getreideernte mittlerer Höhe werden einem Boden je ha etwa entzogen:

Wasser	1,5—2,5 Mill. kg	Kali	60— 120 kg
Stickstoff	40 — 80 kg	Kalk	10— 60 kg
Phosphorsäure	25 — 50 kg	(Kohlensäure	8000— 9000 kg)

Die Kohlensäure wird aus der Luft aufgenommen.

An Wasser wird also viel mehr verbraucht als an Mineralstoffen (auch wenn man die hier nicht aufgeführten Zahlen für Natron, Magnesium, Kieselsäure usw. hinzurechnet) und an Kohlensäure. Rechnet man noch die Wassermenge hinzu, die während der Vegetationszeit der Kulturpflanzen von dem Boden verdunstet wird, so erhöht sich die verbrauchte Wassermenge je ha auf etwa 3,6 Mill. kg Wasser. Das entspricht einer Niederschlagsmenge von 360 mm während der Vegetationszeit. Versuche und Messungen haben nun ergeben, daß die Regenmenge, die in Deutschland während der Vegetationszeit fällt, zumeist nicht ausreicht, um das verdunstete Wasser zu ersetzen, so daß also die Pflanzen in hohem Maße das im Boden aufgespeicherte Wasser in Anspruch nehmen müssen.

Das zeigen die nachstehenden Versuche von E. Krüger:

		April	Mai	Juni	Juli	Summe	
Hafer	{ Regenmenge mm	51	5	43	65	164	} trockenes Jahr
	{ Verdunstung mm	17	73	206	162	458	
Roggen	{ Regenmenge mm	33	64	109	—	206	} nasses Jahr
	{ Verdunstung mm	59	158	148	—	365	

Diese Zahlen lassen die große Bedeutung des Wassers für die Pflanzenproduktion deutlich erkennen.

Untersuchungen haben nun ergeben, daß es in Deutschland viele Böden gibt, für die eine künstliche Wasserzufuhr angezeigt ist¹⁾.

W. Freckmann, ein auf diesem Gebiete besonders zuständiger Sachverständiger, hat kürzlich eine wertvolle Studie über die Frage der Bewässerung und ihre Bedeutung für die Landwirtschaft veröffentlicht. Er schreibt u. a.:

„Mit Rücksicht auf die Ernährungslage des deutschen Volkes und die große Bedeutung der in jeder Weise bestmöglichen Ausnutzung des verfügbaren Bodens müssen wir uns immer mehr daran gewöhnen, jede Fläche als bewässerungsbedürftig anzusehen, auf

¹⁾ H. Seher teilte kürzlich (1938) aus den Arbeiten des Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft mit, daß wir bereits heute imstande sind, etwa 40000 ha mit Zusatzregen zu versehen und meint, daß nach oberflächlicher Schätzung wenigstens 5 Millionen Hektar deutschen Bodens beregnungsbedürftig sind.

der mit Hilfe der Wasserzufuhr Höhe und Sicherheit der Erträge gesteigert werden können.“

Er meint weiter:

„Jedenfalls geht man mit der Annahme von 10 Millionen ha als bewässerungsbedürftig nicht fehl, einer Fläche, von der man gleichzeitig nach überhaupt möglicher Beurteilung eine Wasserzufuhr auf die eine oder andere Weise auch als durchführbar ansehen kann.“

Friedrich Aereboe nannte einmal das Bewässerungswasser die größte Landreserve der Völker des Erdballes.

Die große Bedeutung des Wassers für die Ernährung und Produktion hat zu einer Reichsarbeitsgemeinschaft der deutschen Wasserwirtschaft geführt. Aus der von ihr kürzlich (1938) veranstalteten, öffentlichen Großkundgebung geht hervor, daß der Frage des Wasserhaushaltes die ihr gebührende Aufmerksamkeit seitens der zuständigen Stellen entgegengebracht wird.

Entsprechend der großen Bedeutung des Wassers für die Allgemeinheit ist ein neues Wasserrecht in Vorbereitung, das alle deutschen Gewässer dem Privatbesitze entziehen wird. Das ist auch landwirtschaftlich von höchster Bedeutung, da dadurch die Benutzung des Wassers für Bewässerungszwecke sehr erleichtert werden wird ¹⁾.

Licht und Wärme

Die große Bedeutung von Licht und Wärme für die Entwicklung der Pflanzen ist dem Landwirt und Gärtner aus langjähriger Erfahrung bekannt, und sie sind bemüht, diese Wachstumsfaktoren möglichst gut auszunutzen. Das Wesen des Ackerbaues bzw. der Pflanzenproduktion ist ja letzten Endes nichts anderes als die Massenausnutzung der Sonnenenergie durch die Kulturpflanzen, um organische Substanz zu erzeugen, d. h. es kommt darauf an, die vorhandene Sonnenenergie unter den gegebenen Verhältnissen möglichst gut auszunutzen. Die Ausnutzung des gesamten eingestrahnten

¹⁾ Es ist von Interesse, daß der singhalesische König Parakrama Baku (1153—1186) ein Gesetz erließ, daß kein Regentropfen ungenutzt in den Indischen Ozean abfließen dürfe. Auf Ceylon sollen die ersten Staudämme und Bewässerungsanlagen etwa im Jahre 500 vor unserer Zeitrechnung entstanden sein.

Sonnenlichtes beträgt etwa 1%. Unter günstigen Verhältnissen und unter Benutzung hochgezüchteter Kulturpflanzen kann sie nach den Untersuchungen von Prof. Noddack (Freiburg) auf 2,6% gesteigert werden. Um die Ausnutzung des Lichtes zu verbessern, hat man schon vor längerer Zeit ein besonderes Bestellungsverfahren, das sogenannte Lichtschachtverfahren, empfohlen. Es besteht, wie der Name sagt, darin, daß man zwischen den Drillreihen sogenannte Lichtschächte von etwa 25 cm Breite anlegen soll, um dadurch ein besseres Eindringen von Licht und Wärme zu erreichen. Ich habe damals das Verfahren nachgeprüft, einen Erfolg aber nicht feststellen können.

Neuerdings hat man wieder ein ähnliches Verfahren sehr empfohlen. Durch seine Anwendung sollen die Ernten angeblich verdoppelt, ja vervielfacht werden können.

Es ist aber von zuständigen Forschern wie G. Sessous und Schell, W. Heuser, W. Engelhardt nachgewiesen worden, daß das empfohlene Verfahren die ihm zugeschriebene Wirkung nicht hat.

Das sicherste Verfahren, das natürliche Licht möglichst gut auszunutzen, ist die Züchtung von Rassen, die ein hohes Assimilationsvermögen haben, denn der Assimilationsprozeß ist ja eine Photosynthese.

Versuche die Pflanzen künstlich zu belichten, um dadurch die Pflanzenproduktion zu steigern, sind sowohl bei uns, wie namentlich auch im Auslande wiederholt angestellt worden. Sie haben aber für die Landwirtschaft keine praktische Bedeutung gewonnen, schon deshalb nicht, weil ein solches Verfahren viel zu teuer ist.

Sehr große Bedeutung hat aber die künstliche Belichtung der Pflanzen für die wissenschaftliche Forschung. Man benutzt sie nicht nur, um auch im Winter Pflanzenversuche anzustellen, und um die Nacht gleichsam zum Tage zu machen, sondern namentlich auch für bestimmte Züchtungszwecke.

Die Verbesserung der Wärmeverhältnisse für die Pflanzen läßt sich im freien Lande praktisch nur in kleinem Maße durchführen. Man tut es an einigen Stellen, indem man die Abwärme industrieller

Anlagen dazu verwendet. Man leitet sie durch unterirdische Röhren in den Boden, um dann auf ihm Frühkartoffeln und Frühgemüse anzubauen. In den Weinbaugebieten stellen die Winzer Heizöfen auf, um die frostempfindlichen Rebstöcke gegen Nachtfroste zu sichern.

In den Gewächshäusern und Frühbeeten der Gärtnereien benutzt man als Wärmespender zumeist den Pferdedünger. Da infolge der zunehmenden Verwendung von Motoren ein Mangel an Pferdedünger eingetreten ist, ist man zur Zeit eifrig bemüht, eine andere Wärmequelle ausfindig zu machen. Wie wichtig diese Frage ist, das geht daraus hervor, daß nach Angaben von J. Reinhold und E. Hausrath aus Mangel an der erforderlichen Menge Pferdedünger zur Zeit (1938/39) schätzungsweise ein Drittel der Frühbeete verspätet in Benutzung genommen werden konnte. Das hat einen beträchtlichen Ausfall an Frühgemüse zur Folge gehabt im Werte von etwa 10 Millionen Reichsmark, wie Sachverständige annehmen.

Als Ersatz für den Pferdedünger kommen in erster Linie „biologische“ Wärmequellen in Frage, d. h. organische Substanzen, die bei der Zersetzung genügend Wärme liefern, zumal auch die dabei entstehende Kohlensäure für die Pflanzen von Wert ist. Eine Erwärmung der Gewächshäuser und Frühbeete durch direkte Heizung (Warmwasserheizung, Elektroheizung, kleine Öfen) kommt vorläufig erst in zweiter Linie in Betracht.

In dem großen Torfkraftwerk Wießmoor in Ostfriesland werden die „Abfallprodukte“ des Kraftwerkes — Wärme und Nachtstrom — zur Erwärmung der Gewächshäuser benutzt. Auch die in den Abgasen des Werkes enthaltene Kohlensäure wird gereinigt und alsdann ebenfalls den Gewächshäusern zugeführt.

2. Können die Ernten noch durch andere Maßnahmen erhöht werden?

Es hat nicht an Vorschlägen und Forderungen gefehlt, die Pflanzenproduktion noch durch andere Maßnahmen zu steigern. Sie alle aufzuzählen und zu besprechen würde zu weit führen und außerhalb des Rahmens dieser Arbeit liegen. Ich will nur auf einige hinweisen, die besonderes Interesse bieten.

a) Die Verbesserung der Kohlensäureernährung

Man hat geglaubt, die Ernten dadurch wesentlich steigern zu können, daß man den Kohlensäuregehalt der Luft erhöhte, daß man also die Luft gleichsam mit Kohlensäure „düngte“. Dieser Gedanke ist an und für sich durchaus diskutabel, denn der Gehalt der Luft an Kohlensäure ist gering und beträgt nur 0,03 Vol.-%. Wenn, wie die Erfahrung lehrt, die Pflanzen trotz dieses geringen Kohlensäuregehalts der Luft gut gedeihen und gute Ernten liefern, so rührt das daher, daß die absolute Kohlensäuremenge, die den Pflanzen in der Luft zur Verfügung steht, sehr groß ist; denn infolge der Luftbewegung kommen immer neue Kohlensäuremengen mit der Pflanze in Berührung. Um sich darüber eine Vorstellung zu machen, hat man folgende Berechnung (die natürlich nur Anhaltspunkte geben soll) angestellt. Zur Erzeugung einer Getreideernte sind etwa 9000 kg Kohlensäure für die Pflanzen auf der Fläche eines Hektars nötig. Diese Menge ist enthalten in 15 Millionen m³ Luft. Um den Pflanzen diese Menge während der Vegetationszeit zuzuführen, ist es nötig, daß sich die Luft innerhalb des Pflanzenbestandes etwa 20mal täglich erneuert. In Wirklichkeit ist aber der Luftwechsel viel größer. Bei einer Windstärke von nur 1 m/sec, die eine nur eben noch fühlbare Luftbewegung bedeutet, wird die Luft in dem Pflanzenbestand etwa 400mal in 12 Stunden erneuert. Eine Luftbewegung wird, wie nebenbei bemerkt werden mag, nicht nur durch den Wind, sondern auch durch die Sonnenbestrahlung (Erwärmung) des Bodens hervorgerufen. Man könnte deshalb glauben, daß es ziemlich überflüssig wäre, die Frage weiter zu erörtern, ob die den Pflanzen in der Luft zur Verfügung stehende Kohlensäuremenge für ihre gute Ernährung ausreicht, und ob es einen Zweck hat, zu versuchen, diese Kohlensäuremenge zu erhöhen. Aber demgegenüber ist zu bemerken, daß der Kohlensäuregehalt der Luft der Menge nach zwar für eine normale Kohlenstoffernährung der Pflanzen hinreicht, daß er aber nicht das Kohlensäureoptimum für die Pflanzen darstellt. Dieses liegt beträchtlich höher, das heißt aber, daß man das Wachstum einer Pflanze noch erheblich steigern kann, wenn man sie in einer an Kohlensäure reicheren Luft wachsen läßt, wenn man also den

Kohlensäuregehalt der Luft, das Konzentrationsgefälle, künstlich erhöht¹⁾.

Es ist also begreiflich, daß diese Frage die interessierten Kreise sehr beschäftigt hat. Man hat auch viele Versuche darüber angestellt, ob und wie der Gedanke praktisch mit Erfolg zu verwirklichen wäre. Aber alle Bemühungen haben bisher keinen Erfolg gehabt. Das hat besonders zwei Ursachen. Einmal wird die der Luft durch Begasung der Felder künstlich zugeführte Kohlensäure infolge der Luftbewegung zu schnell verweht. Und dann ist das Verfahren zu teuer. Da die Ernteerträge etwa proportional der Erhöhung des Kohlensäuregehalts der Luft ansteigen, so läßt sich berechnen, daß eine tägliche Zuführung von 50 kg Kohlensäure je ha nötig wäre, um theoretisch den Ertrag um 1 bis 2,5 % zu erhöhen.

Anders liegt die Frage hinsichtlich der besseren Kohlenstoffernährung der Pflanzen in den geschlossenen Gewächshäusern der Gärtnereien, und hier führt man sie auch in einigen Betrieben durch.

Sollte das Problem aber einmal auch für die große Landwirtschaft der Lösung nahegebracht werden können, so würde das von großer Bedeutung sein.

Wie sehr diese Frage weitere Kreise interessierte, zeigt u. a. der Umstand, daß auch der als physikalischer Chemiker rühmlichst bekannte Walter Nernst (der „Meister der Thermodynamik“) sich damit beschäftigt hat. Er machte den eigenartig anmutenden Vorschlag, man solle die in den Polargebieten unbenutzt liegenden Steinkohlenlager in Brand setzen, um so eine Vermehrung des Kohlensäuregehalts der Luft und damit eine Steigerung der Ernten herbeizuführen. Im Jahre 1929 machte M. v. Wrangell-Hohenheim (1876—1932) zu diesem Vorschlage die ebenso sonderbare Bemerkung: „Die Darstellung und besonders die gerechte Verteilung der produzierten Kohlensäure wäre eine recht fruchtbare Arbeit für den Völkerbund.“

¹⁾ Eine bestimmte Zahl für das Kohlensäureoptimum läßt sich nicht angeben, da es abhängig ist von der Lichtmenge, die den Pflanzen zur Verfügung steht. Kohlensäure, die nicht durch die Pflanze verarbeitet werden kann, kann von einer bestimmten Menge an schädlich wirken. Unter normalen Verhältnissen ist eine Steigerung des Kohlensäuregehalts der Luft auf 0,3 % günstig für die Produktion.

Eine ständige und sozusagen natürliche Kohlensäuredüngung der Luft, wenn man den Ausdruck einmal beibehalten will, findet auf den Feldern immer statt, denn der Boden gibt dauernd Kohlensäure an die Atmosphäre ab. In der Regel infolge der Zersetzung der organischen Stoffe und der Wurzelatmung. Die Menge wechselt je nach der Art des Bodens und der Witterung (ob naß oder trocken, kalt oder warm). Sie läßt sich erhöhen, wenn man den Boden mit Stalldünger, Gründünger oder anderen organischen Substanzen düngt. Bei den Untersuchungen, die in meinem Institut einmal ausgeführt wurden, fanden wir, daß im Mittel von 54 Einzeluntersuchungen folgende Kohlensäuremengen aus dem Boden austraten. Aus einem nur mit Mineraldüngern gedüngten Felde 50 kg Kohlensäure je Tag und Hektar, aus dem mit Stalldünger und Mineraldüngern gedüngten Felde dagegen 65 kg. Das bedeutet innerhalb einer Wachstumszeit von 100 Tagen ein Plus von 1500 kg Kohlensäure.

Man hat deshalb geglaubt, durch eine entsprechende Anwendung des Stalldüngers eine bessere Kohlensäureernährung bewerkstelligen zu können. Ich habe aber durch wiederholte Versuche festgestellt, daß die Pflanzen einen unmittelbaren Nutzen von dieser Kohlensäure kaum haben, da sie zu schnell „verweht“ wird. Sie wirkt nur mittelbar dadurch, daß sie dazu beiträgt, den Kohlensäuregehalt der Luft konstant zu erhalten.

b) Die Bedeutung der sogenannten Spurenelemente

Die Forschungen der letzteren Zeit haben zu der Erkenntnis geführt, daß für eine gedeihliche Entwicklung der Pflanzen mehr Elemente nötig sind als man ursprünglich annahm. Als man im Anschluß an die Liebigschen Lehren begann, die für das Leben der Pflanzen nötigen Nährstoffe genauer zu erforschen, da kam man zunächst zu dem Ergebnis, daß die Pflanzen in Wirklichkeit nicht alle Elemente, die man in ihnen findet, zu ihrer Ernährung benötigten, sondern nur zehn derselben. Nämlich: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Schwefel, Phosphor. Einige andere Elemente, wie Natrium, Chlor, Kieselsäure, über deren Bedeutung man sich nicht ganz klar war, deren Nutzen man aber oft beobachtete, nannte man wohl, im Gegensatz zu jenen

zehn als unentbehrlich bezeichneten Elementen, nützliche Elemente. Die übrigen Elemente, die man noch in der Pflanzenasche fand, hielt man im allgemeinen für entbehrlich. Es wurde zwar im Laufe der Zeit von einigen Forschern wiederholt die Meinung ausgesprochen, daß auch sie, oder doch manche von ihnen, doch wohl irgendeinen Nutzen für das Leben der Pflanzen hätten, daß sie irgendwelche Funktionen zu erfüllen hätten und nicht schlechthin als Ballaststoffe anzusehen wären. Aber es fehlte die ausreichende Begründung. In neuerer Zeit hat man dann die wichtige Entdeckung gemacht, daß man Pflanzen, die auf gewissen Böden erkrankten, dadurch heilen konnte, daß man dem Boden gewisse Elemente in geeigneter Form zuführte, die man bis dahin nicht weiter beachtet hatte. Es sind das besonders Bor, Mangan, Kupfer, Zink, Kobalt, Molybdän, Vanadium. Diese Elemente kommen zum Teil nur in sehr geringer Menge in den Böden und Pflanzen vor und deshalb hat man sie auch als Spurenelemente bezeichnet. Man rechnet sie heute vielfach zu den lebensnotwendigen Elementen¹⁾. Man wendet sie auch schon in der großen Praxis mit gutem Erfolge auf solchen Böden an, auf denen die Pflanzen wegen Mangel an dem betreffenden Elemente „krank“ werden. So kann man, um einige Beispiele zu nennen, das Auftreten der gefürchteten Dörrfleckenkrankheit des Hafers durch eine Düngung mit Mangansalzen, die Urbarmachungs- bzw. Heide- moorkrankheit durch Kupfersalze, die gefährliche Herz- und Trocken- fäule der Rüben durch Bor heilen bzw. ihr Auftreten verhindern. Oft sind nur geringe Mengen dieser Elemente dazu nötig, und es ist durchaus nicht nötig, nunmehr alle Böden mit diesen Elementen zu düngen. Es gilt von ihrer Anwendung bis zu einem gewissen Grade der bekannte Ausspruch des Paracelsus: „dosis sola facit venenum“, d. h. es kommt auf die Stärke der verabreichten Menge an, ob der Stoff als Heilmittel oder Gift wirkt. Die Erkenntnis der Wirkung solcher Spurenelemente läßt auch die Frage der Beurteilung der so-

¹⁾ Über das Wesen ihrer Wirkung wissen wir nur wenig, wir wissen eigentlich nur, daß ihr Fehlen in der Pflanzennahrung nachteilige Folgen hat. Ob es sich dabei um Heilwirkungen handelt, um Beseitigung von Mangelerscheinungen, um katalytische Wirkungen, das muß noch weiter erforscht werden. Zu den eigentlichen Aufbaustoffen gehören sie wohl nicht.

genannten „Ballaststoffe“ bzw. „Nebensalze“ mancher Düngemittel in einem anderen Licht erscheinen, da manche von ihnen auch Träger solcher Spurenelemente sind.

c) Die radioaktiven Substanzen, Elektrizität, Reizstoffe und Wuchsstoffe. Haben kosmische und terrestrische Strahlen einen Einfluß auf das Wachstum der Pflanzen?

Radioaktive Substanzen. Man hat geglaubt, daß man die Photosynthese in den chlorophyllhaltigen Zellen, d. h. also den Assimilationsprozeß, wesentlich verbessern könne, wenn man auf die Pflanzen die sogenannten „Beta-“ und „Gamma-“ Strahlen einwirken ließe, die von radioaktiven Stoffen, wie z. B. Radium, ausgestrahlt werden. J. Stocklasa, der zu seinen Versuchen die radium- bzw. uranhaltige Pechblende (aus Joachimsthal) benutzte, teilte mit, daß er dadurch Ertragssteigerungen bis zu 120% beobachtet hätte. Er meinte, daß die Gärtnereien schon jetzt nach diesem Verfahren arbeiten könnten, und daß die radioaktiven Stoffe nach 30 bis 50 Jahren in der landwirtschaftlichen Praxis dieselbe Rolle spielen würden, wie heute der Stickstoff. Ich habe die Versuche nachgeprüft, aber eine wachstumsfördernde Wirkung der benutzten radioaktiven Substanzen nicht feststellen können. Weder in den Gärtnereien noch in der praktischen Landwirtschaft arbeitet man zur Zeit mit solchen Stoffen. Man benutzt sie aber in den wissenschaftlichen Anstalten für bestimmte Forschungszwecke auf den Gebieten der Pflanzenphysiologie und Züchtung.

Die Elektrokultur. Man hat schon im 18. Jahrhundert Versuche über die Wirkung der Elektrizität auf das Pflanzenwachstum angestellt, da man der Meinung war, daß die atmosphärische Elektrizität von Bedeutung für das Pflanzenwachstum sei, und daß man durch eine künstliche Anwendung der Elektrizität auf die Pflanzen ihr Wachstum steigern könne. Die ersten Versuche nach dieser Richtung hin sind, nach Angaben von P. Ehrenberg, wohl in Edinburg (1746) angestellt worden. Man suchte das Pflanzenwachstum in der Weise zu fördern, daß man die Pflanzen mit „elektrisch

geladenem“ Wasser begoß, oder einen elektrischen Strom auf sie einwirken ließ. Später auch in der Weise, daß man elektrische Ströme durch den Boden leitete. In neuerer Zeit, namentlich zu Beginn dieses Jahrhunderts, ließ man die Elektrizität in ganz anderer Weise auf die Pflanzen einwirken. Man verfuhr unter anderem so, daß man über die Felder ein Netz von Drähten spannte, durch die man hochgespannte elektrische Ströme mit einer Spannung von 20 000 bis 100 000 Volt schickte. Sie waren so hoch angebracht, daß man unter ihnen alle landwirtschaftlichen Arbeiten verrichten konnte. Man nannte diese elektrische Bestrahlung die Elektrokultur. Dieses Verfahren hat damals, bis kurz vor dem Weltkriege, außerordentlich großes Aufsehen erregt. Es ging damals ein Rausch durch die Landwirtschaft. Es wurde über geradezu phantastische Erfolge berichtet, die man — namentlich in Amerika, England, Australien, Finnland usw. — mit diesem Verfahren erzielt haben wollte. Aber auch in Deutschland; es gab Gegenden, wo sich Landwirte zu Genossenschaften für Elektrokultur zusammenschlossen.

Die exakte Prüfung dieses Verfahrens durch wissenschaftliche Anstalten ergab aber bald, daß ein wirklicher Erfolg dadurch nicht erzielt werden kann. Dasselbe gilt auch von Apparaten, die unter verschiedenen Namen, wie „Elektro-Kultivator“, in den Handel gebracht wurden.

Es zeigte sich damals wieder einmal, welche Wirkung eine sensationelle Propaganda haben kann.

Die Wirkung von Reizstoffen und Reizmitteln auf den Ertrag. Unter Reizstoffen versteht man solche Stoffe, die in größerer Menge angewandt schädlich, in geringer Menge dagegen anregend (stimulierend) auf die Pflanzen einwirken. H. Hüppe formulierte diese Wirkung (1896) in folgender Weise. Er sagte: „Jeder Körper, der in bestimmter Konzentration das Protoplasma tötet, erhöht in geringerer Menge die Entwicklungsfähigkeit und wirkt in noch geringerer Menge als Reiz und anregend auf die Lebenseigenschaften.“ Es ist eine große Zahl solcher Stimulationsmittel für die Pflanzen vorgeschlagen und geprüft worden. So die Verbindungen der Elemente Kupfer, Quecksilber, Arsen, Mangan, Magnesium,

Blei, Bor, Jod u. a. m. Es befinden sich darunter also auch solche, die man neuerdings als lebensnotwendig angesprochen hat. Die Anwendung solcher Reizstoffe erfolgt in der Regel so, daß man damit das Saatgut imprägniert, einige wendet man auch in der Weise an, daß man sie wie Düngemittel auf das Feld bringt. Es ist sicher, daß alle oder doch einige dieser Stoffe eine gewisse Wirkung auf die Pflanzen besitzen können. Als nutzbringend für die praktische Landwirtschaft haben sich aber bisher nur die erwiesen, die man heute als Spurenelemente bezeichnet ¹⁾.

Die Prüfung der vielen übrigen angepriesenen Reizstoffe hat bisher ergeben, daß sie die ihnen nachgerühmte Wirkung auf eine Steigerung der Erträge nicht besitzen. Sie können wohl eine Beschleunigung der Keimung auslösen, aber damit hört die Wirkung auf; eine Substanzvermehrung können sie nicht bewirken, wenigstens nicht unter den bisher geprüften Bedingungen. Diese Beobachtungen stimmen überein mit den Erfahrungen, die man in der Gärtnerei auf dem Gebiete der Frühreiberei gesammelt hat. Ihr Wesen besteht darin, daß man durch Anwendung von Wärme, Äther, Wasserstoff-superoxyd, Bestrahlung usw. einen beschleunigten Stoffwechsel hervorruft, um dadurch Erregungs- und Wachstumsreize auf die Knospen und damit eine vorzeitige Blütenbildung zu bewirken. Aber die auf diese Weise erzielten Reizwirkungen sind mit der Herbeiführung der vorzeitigen Blütenbildung zu Ende. Eine Beschleunigung und Erhöhung des weiteren Wachstums tritt nicht ein. Ja man hat beobachtet, daß die zur vorzeitigen Blütenbildung gezwungenen Pflanzen in ihrer Weiterentwicklung oft beeinträchtigt worden sind.

Die Wuchsstoffe. In der letzteren Zeit ist es der Pflanzenphysiologie mit Hilfe der Chemie gelungen, nachzuweisen, daß es, wie bei Menschen und Tieren, auch in den Pflanzen verschiedene Wuchsstoffe (Hormone) gibt, die, wie z. B. das Auxin, schon in ganz geringen Mengen wachstumsfördernde Wirkungen ausüben. Man hat diese Hormone auch chemisch definieren und aus verschiedenen

¹⁾ Manche besitzen aber als Beizmittel eine große praktische Bedeutung, da sie das Saatgut gegen den Befall von Pflanzenschädlingen schützen.

Substanzen, in denen sie vorkommen, herstellen können. Einige Wuchsstoffe hat man auch bereits in den Handel gebracht.

Die Untersuchungen darüber, ob und wieweit sich die Wirkung solcher Stoffe praktisch verwerten läßt, sind noch nicht abgeschlossen. Nach einigen Angaben soll die Stecklingsbewurzelung durch Hormonbehandlung bereits so weit entwickelt worden sein, daß ihre Anwendung in den Gärtnereien erfolgen kann.

Der Direktor des Instituts für gärtnerischen Pflanzenbau in Berlin-Dahlem, E. Maurer, teilte kürzlich (1938) mit, daß eine Behandlung der Pflanzen mit Reizstoffen und Hormonlösungen bisher im Gartenbau noch keine Bedeutung erlangt hätte.

Die kosmischen und terrestrischen Strahlen. Anthroposophisch eingestellte Kreise glauben bekanntlich, daß die kosmischen und terrestrischen Strahlen eine Bedeutung für das Pflanzenwachstum haben.

Um den Pflanzen das Licht und andere kosmische Strahlen sowie die Erdstrahlen zugänglicher zu machen, werden verschiedene Präparate hergestellt, in denen diese Erd- und Gestirnsstrahlen angeblich gesammelt und konzentriert aufgespeichert sein sollen. Zur Herstellung eines solchen Präparates wird Quarzsand benutzt, der in Kuhhörnern den Strahlen der Gestirne ausgesetzt wird. Das so hergestellte Präparat soll dann auf das Feld gestreut werden. Um den Stalldünger wirksamer zu machen, wird er mit Präparaten behandelt, die aus verschiedenen Pflanzen hergestellt werden, die auch in der Volksmedizin benutzt werden, wie Kamille, Baldrian, Brennessel, Löwenzahn, Equiseten u. a. Über ihre Wirkung heißt es in einem Vortrage (1937) u. a.: „... Auch die Verwendung von Heilkräutern als Düngersatz liegt auf dem bezeichneten Wege. Die Heilkräuter haben schon von sich aus die Lichtverarbeitung auf eine besonders hohe Stufe gebracht. — Auf dem Wege über den Dünger gelangen die verwandelten aufgespeicherten Lichtenergien in den Boden, und es kommt dadurch für die Pflanze eine Art Keimstimmung zustande, die sich auf das Wachstum quantitativ und qualitativ in förderlicher Weise auswirkt.“

Ferner legen die Anthroposophen Wert darauf, daß die Aussaat zu bestimmten Zeiten, je nach dem Stande der Gestirne, vorgenommen wird. „Aus den so angebauten Pflanzen werden Früchte entstehen, die voll die Wirkung der Gestirne in sich tragen ...“

Solche Anschauungen liegen außerhalb des naturwissenschaftlich geschulten Denkens und des so erworbenen Wissens.

In einer kürzlich (1938) erschienenen Arbeit von L. Barth¹⁾ heißt es: „In der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise wird hauptsächlich organischer Dünger verwendet, der nach Behandlung mit Präparaten (Heilkräutern) als besonders wirksam bezeichnet wird. Die Anhänger dieser Methode legen kosmischen und terrestrischen Strahlen Bedeutung bei. Mineralstoffe können nach ihrer Ansicht in den Pflanzen gebildet oder aus der Luft aufgenommen werden. In der Aussaat richten sie sich nach den Mondphasen usw. Nachprüfungen, die Lieber unter Mitwirkung von anthroposophischer Seite durchführte, und andere Versuche fielen negativ aus und führten in Erwiderung der Angriffe zur Ablehnung.“

¹⁾ Beihefte zur Zeitschrift „Die Ernährung“, Heft 5. Aus der Ernährungsphysiologischen Abteilung des Reichsgesundheitsamtes: „Ernährung und Düngung, Einfluß der Düngung auf die für die Ernährung wichtigen Eigenschaften der Nahrungsmittel“ von Ludwig Barth. Leipzig, Verlag Joh. Ambrosius Barth, 1938.

Achtes Kapitel:

Wie wird die Qualität der Ernteprodukte durch eine Düngung mit „künstlichen“ Düngemitteln beeinflusst? Haben die so gedüngten Pflanzen eine die Gesundheit der Menschen schädigende Wirkung? Der Name „künstliche“ Düngemittel ist irreführend. Einfluß der mineralischen Düngemittel auf Geschmack, Geruch, Haltbarkeit, Konservierungsfähigkeit der Nahrungsmittel. Die derzeitige Ernährungslage. Der Mensch als Produktionsfaktor

1. Wie wird die Qualität der Ernteprodukte durch eine Düngung mit „künstlichen“ Düngemitteln beeinflusst?

Über diese Fragen ist folgendes zu sagen:

Schon die Struktur der Pflanzen, ihre Standfestigkeit, kann durch eine Düngung beeinflusst werden. Deshalb ist auch die Pflanzenzüchtung bestrebt, Getreidesorten zu züchten, die starke Stickstoffgaben gut verwerten können, ohne zu lagern. Auch ein Einfluß auf die Qualität (Güte) der Ernteprodukte läßt sich feststellen. So kann z. B. durch eine Stickstoffdüngung der Futterwert (Eiweißgehalt) des Heues so verbessert werden, daß aus diesem Grunde eine Stickstoffdüngung der Wiesen lohnend sein kann, obgleich eine Rentabilitätsberechnung auf rein quantitativer Basis eine Stickstoffdüngung nicht rentabel erscheinen lassen würde. Bei Weideversuchen konnte man beobachten, daß durch eine Stickstoffdüngung der Weide (neben der nötigen Menge an Phosphorsäure und Kali) die Milch- und Fettproduktion der Kühe sehr zunahm. Bei einem solchen Versuch ergab sich z. B., daß auf den ohne Stickstoff belassenen Flächen während der Weideperiode an Milch 2479 kg, an Fett 78,6 kg erzeugt wurden; auf den mit 30 kg/ha Stickstoff gedüngten Flächen dagegen 3095 kg Milch mit

99,5 kg Fett; wurde mit 60 kg/ha Stickstoff gedüngt, dann betrug die Milchmenge 4406 kg, die Fettmenge 145,7 kg (Versuche von Ewald). Das ist natürlich von großer Bedeutung für unsere Milch- und Fettversorgung.

Auch die Qualität der Körner wird durch eine Düngung mit künstlichen Düngemitteln meist günstig beeinflußt, das Getreidekorn wird vollkörniger und schwerer, d. h. sein Hektolitergewicht nimmt zu.

Für das Futtergetreide ist es günstig, daß sein Eiweißgehalt durch eine Düngung mit Stickstoff erhöht werden kann.

Wenn die Ernteprodukte industriell verarbeitet werden sollen, wie z. B. die Gerste zu Bier¹⁾ oder die Zuckerrübe zu Zucker, dann ist ein erhöhter Gehalt an Stickstoffverbindungen weniger erwünscht, da er nachteilig ist für die Verarbeitung. Bei der Zuckerrübe wirken größere Mengen von Stickstoffverbindungen z. B. insofern ungünstig, als sie bei der Verarbeitung die Reinheit des Saftes ungünstig beeinflussen, den Melasseanteil vermehren und die Zuckerausbeute herabsetzen. Das muß man also bei der Bemessung der Stickstoffgabe bei der Düngung berücksichtigen. Auch bei der Kartoffel nimmt der Landwirt Rücksicht auf den Verwendungszweck, sowohl bei der Auswahl der Sorten als auch bei der Stärke und Form der Düngung. Als Speisekartoffeln wählt er die stärkeärmeren Sorten, wegen des besseren Geschmacks. Als Futterkartoffeln baut er stärkereichere Sorten an, wegen des besseren Masterfolges. Auch bei dem Anbau von sogenannten Fabrikkartoffeln (Verarbeitung zu Stärke, Flocken, Spiritus) kommt es auf einen hohen Stärkegehalt an. Bei der Düngung dieser Kartoffeln vermeidet man daher solche Düngemittel, die den Stärkegehalt herabdrücken, wie das bei solchen Kalidüngern der Fall ist, die reich an Nebensalzen (Chloriden) sind. Bei der Düngung der Speisekartoffeln ist zu beachten, daß gute Speisekartoffeln nach Th. Remy auf 15 Teile Stärke möglichst nicht mehr als 1 Teil Eiweiß enthalten sollen, da sie sonst leicht einen seifigen Geschmack annehmen. Das muß man bei der Bemessung der Stickstoffgabe berücksichtigen. Auch die Form der Stickstoffsalze ist bei der Düngung

¹⁾ Gute Braugerste soll nicht mehr als etwa 10 bis 11 % Eiweiß enthalten.

der Kartoffeln nicht gleichgültig. Meist sind bei der Düngung der Kartoffeln die physiologisch sauren oder physiologisch neutralen Stickstoffsalze zu bevorzugen. Auch deshalb, weil bei der Anwendung von physiologisch basischen Salzen die Gefahr des Auftretens des Kartoffelschorfes besteht, wodurch das Aussehen der Eßkartoffeln leidet.

Kalisalze mit höherem Gehalt an Chloriden vermeidet man auch bei der Düngung des Tabaks, da dadurch die Qualität (Brennbarkeit) ungünstig beeinflusst wird, in der Regel verwendet man die chlorfreien Kalisalze. Dasselbe gilt u. a. auch für die Düngung der Faserpflanzen. Solche Beispiele für den Einfluß der Düngung auf die Beschaffenheit der Pflanzen ließen sich leicht vermehren.

Aber das sind Fragen, die zwar wissenschaftlich interessant sind, die aber praktisch nur für den Landwirt und Fabrikanten von Belang sind. Für die Allgemeinheit ist aber eine andere Frage von hoher Wichtigkeit, nämlich die, ob es richtig ist, daß die mit mineralischen Handelsdüngern gedüngten Pflanzen Ernteprodukte liefern, deren Genuß nachteilig auf die Gesundheit des Menschen einwirkt.

2. Haben die mit mineralischen (künstlichen) Düngemitteln gedüngten Pflanzen eine schädliche Wirkung auf die Gesundheit des Menschen?

Das ist von einigen Kreisen behauptet worden. Sollten solche Behauptungen zu Recht bestehen, so würde das sehr ungünstige Folgen für unsere Volksernährung haben müssen. Denn die bisherigen Darlegungen dieser Schrift haben gezeigt, daß ohne Verwendung der mineralischen Handelsdünger unsere Ernten so sehr sinken würden, daß wir dadurch auch politisch in eine schwierige Lage kommen würden.

Angesichts dieser Sachlage ist es sehr zu begrüßen, daß es der „Forschungsdienst“ (Reichsarbeitsgemeinschaft der Landbauwissenschaft) im Jahre 1935 unternommen hat, diese Frage durch großzügig angelegte Versuche zu klären. Es liegen bereits einige Berichte über

diese Versuche vor, die erkennen lassen, daß solche Befürchtungen unbegründet sind.

Der Obmann des Forschungsdienstes K. Meyer teilte in einem Vortrage über diese Versuche u. a. folgendes mit¹⁾: „In Zusammenarbeit mit dem Reichsgesundheitsamt und dank freundlichem Entgegenkommen der Reichsarbeitsdienstführung, die eingehende Großgruppenernährungsversuche in einigen Arbeitsdienstlagern ermöglichte, konnten Qualität und Wirkung verschieden gedüngter Gemüse für die menschliche Ernährung untersucht werden. Die ersten Ergebnisse sind bereits kürzlich veröffentlicht worden; und es hat sich herausgestellt, daß die Befürchtungen weiter Kreise der Verbraucherschaft gegenüber mineralgedüngter Gemüse unbegründet sind. Dieses Ergebnis ist um so mehr zu begrüßen, als ohne eine ausreichende wohlabgewogene Düngung niemals die Ernten in Landwirtschaft und Gartenbau erzielt werden können, die wir zur Versorgung unseres deutschen Volkes mit Nahrungsmitteln dringend benötigen.“

Aus dem von den Versuchsanstellern erstatteten gemeinsamen Bericht²⁾ sei folgendes angeführt. Das zu den Versuchen benutzte Gemüse war teils mit mineralischen Handelsdüngern und Stalldünger, teils nur mit Stalldünger gedüngt worden. Es wurde u. a. folgendes mitgeteilt.

„Abschließend ist demnach festzustellen, daß während eines dreimonatigen Vorversuchs im Sommer und eines sechsmonatigen Hauptversuchs im Winter und Frühjahr bei zwei Versuchsgruppen eines Arbeitsdienstlagers, die mit verschieden gedüngten Gemüsen versorgt wurden, kein unterschiedliches Verhalten der Versuchspersonen beider Gruppen festgestellt werden konnte“ (J. Prüfer und L. Barth).

„Das mit Stallmist und anorganischen Zusätzen gedüngte Gemüse ist also dem nur mit Stalldünger gedüngten Gemüse bei

¹⁾ Der Forschungsdienst, Organ der deutschen Landwirtschaftswissenschaft, Bd. 7, Heft 3, 1939.

²⁾ „Über Ernährungsversuche mit verschieden gedüngten Gemüsen.“ Erschienen in der Zeitschrift für das gesamte Ernährungswesen usw. „Die Ernährung“ 3, 53—69 (1938).

Aufzucht gesunder Säuglinge im Ernährungserfolg überlegen“ (W. Catel und F. H. Dost).

„Man kommt somit zu dem Schluß, daß keineswegs irgendwelche merklichen Unterschiede des Vitamin C-Gehalts zugunsten einer Düngungsweise gefolgert werden können“ (A. Scheunert).

In einer früheren Arbeit von Scheunert und Mitarbeitern¹⁾ heißt es: „Für unsere Grundfrage, ob irgendwelche Schädigungen der Tiere durch langdauernde Verfütterung von mit Kunstdünger gezogener Nahrung auftreten würde, lautet nach diesen Ergebnissen die klare und eindeutige Antwort, daß das nicht der Fall war.“

Auch L. Schmitt hat in einer vor kurzem veröffentlichten Schrift²⁾ dargelegt, daß die Anwendung von mineralischen Handelsdüngern „entgegen den bisher unbewiesenen Behauptungen der Gegner der heutigen Düngungsweise mit keinen nachteiligen Einwirkungen auf die Güte und Bekömmlichkeit der menschlichen und tierischen Nahrungsmittel verknüpft ist“.

In seinem im Jahre 1939 erschienenen Buche „Nahrung und Ernährung“ hat auch der Universitätsdozent und Oberarzt der Medizinischen Universitätsklinik in Kiel, H. Glatzel, zu dieser wichtigen Frage Stellung genommen. Er schreibt u. a.: „Es hat sich aber bisher niemals auch nur wahrscheinlich machen lassen, daß die Mineraldüngung einer Anreicherung gesundheitsschädlicher Stoffe in der Pflanze Vorschub leistet. Soweit untersucht, hat sich das Verhältnis der pflanzeneigenen Stoffe niemals in gesundheitsgefährdender Richtung verschoben . . .“

Es ist ja auch von vornherein unwahrscheinlich, daß richtig gedüngte, d. h. ernährte Pflanzen, die sich unter dem Einfluß dieser besseren Ernährung gesund und kräftig entwickeln, für die Ernährung der Menschen und Tiere gesundheitsschädliche Eigenschaften haben sollen. Namentlich ist es auch abwegig, zu glauben, daß der

¹⁾ Biochem. Zeitschr. 274, Heft 5—6 (1934).

²⁾ Neuzeitliche Düngung, Erntequalität und Volksgesundheit. Reichsnährstand-Verlags-Ges. 1938.

durch eine mineralische Düngung eventuell mehr oder weniger erhöhte Mineralstoffgehalt der Pflanzen für die menschliche Gesundheit nachteilig sei. Diesen Standpunkt hat auch E. Mangold schon im Jahre 1935 vertreten. Er meint, daß bei der Regulationsfähigkeit des Organismus die Supermineralisation bei weitem die geringere Gefahr gegenüber der Submineralisation sei. Im übrigen ist auch E. Mangold der Ansicht, daß kein Grund zu der Annahme vorliege, daß mineralische Düngung die Nahrung von Mensch und Tier mittelbar oder unmittelbar schädlich beeinflusse und damit ihre Gesundheit schädige.

Diese Feststellungen sind wissenschaftlich und volkswirtschaftlich von großem Wert. Sie zeigen, daß der Landwirt nach wie vor die mineralischen Düngemittel in gewohnter Weise im privaten Interesse und im Interesse der Volksernährung anwenden kann (und muß), ohne daß die Gefahr besteht, daß dadurch die Volksgesundheit Schaden leidet.

3. Der Name „künstliche Düngemittel“

Manche Leute, die die Verhältnisse nicht voll übersehen, nehmen Anstoß an dem Namen „künstliche Düngemittel“ und verbinden damit falsche Vorstellungen von ihrem Charakter und Wesen. Durch die Anwendung der sogenannten künstlichen Düngemittel, die man richtiger und besser Mineraldünger nennen sollte, werden die Pflanzen nicht etwa „künstlich“ ernährt, im Gegensatz zu einer „natürlichen“ Ernährung. Denn durch diese Düngemittel werden den Pflanzen ganz dieselben Nährstoffe zugeführt, wie sie auch im Boden enthalten sind, vielfach leider in ungenügender Menge, wie ich früher gezeigt habe. Auch aus dem Boden nehmen die Pflanzen die Nährstoffe in mineralischer Form auf. Ebenso wenig wie man von einer künstlichen Ernährung der Menschen spricht, wenn man sie mit Zucker ernährt, der fabrikmäßig aus den Rüben gewonnen wird, kann man von einer künstlichen Ernährung der Pflanzen sprechen, wenn man sie z. B. mit Kalisalzen düngt, die ein Naturprodukt sind, ebenso wie die Kaliverbindungen der Böden. Solche Beispiele lassen sich für alle anderen Nährstoffe anführen.

4. Einfluß der mineralischen Düngemittel auf Geschmack, Geruch, Haltbarkeit, Konservierungsfähigkeit der Nahrungsmittel

Die Gemeinschaftsarbeiten des Forschungsdienstes sind auch auf die Untersuchung dieser Fragen ausgedehnt worden, die natürlich insofern schwierig sind, als die Beurteilung des Geschmacks und Geruchs sich nicht vollkommen objektiv durch wissenschaftliche Untersuchungsmethoden vornehmen läßt. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Immerhin kann man den bisherigen Ergebnissen schon entnehmen, daß die Ansicht nicht richtig ist, daß die Qualität der nur mit Stalldünger gedüngten Pflanzen derjenigen der mineralisch gedüngten überlegen wäre. Aus einem Bericht von F. Vogel (1937) über die bisher erzielten Ergebnisse geht hervor, daß die Erzeugnisse aus der Düngerreihe Stallmist + Mineraldünger (NPK) meist am besten bewertet wurden. Dann folgten die Gemüse aus den mit Stalldünger gedüngten Teilstücken. Häufig schnitten auch die nur mit Mineraldünger gedüngten Gemüse am besten ab¹⁾.

Es sei auch daran erinnert, daß schon vor einigen Jahren der Ausschuß der Dünger-Abteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft sich mit diesen Fragen befaßt hat. Er sah sich veranlaßt, eine Erklärung in der öffentlichen Versammlung der Dünger-Abteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft abzugeben, die einstimmige Aufnahme fand. In dieser Erklärung heißt es u. a.:

„... Der Ausschuß der Dünger-Abteilung steht auf Grund aller einwandfreien Versuche nach wie vor auf dem Standpunkt, daß sachgemäße künstliche Düngung die Güte und Bekömmlichkeit der landwirtschaftlichen Erzeugnisse nicht ungünstig, sondern in der Regel sogar vorteilhaft gestaltet. Er weist darauf hin, daß in unseren Nachbarländern Holland und Belgien schon vor dem Kriege, ganz besonders aber in der Nachkriegszeit, erheblich stärker gedüngt wurde als in Deutschland, ohne daß jemals Klagen über Güte und Bekömmlichkeit

¹⁾ Ich habe diese Angabe, wie einige andere, dem schon erwähnten Aufsatz von Ludwig Barth, „Ernährung und Düngung“, entnommen. Es wird auf 427 Arbeiten hingewiesen, es ist das ein Zeichen, wie sehr alle diese Fragen, ihrer Wichtigkeit entsprechend, mit im Vordergrund der Forschung stehen.

der Erzeugnisse laut geworden sind, und zwar weder im eigenen Lande noch in den Ländern, nach denen sie ihre Erzeugnisse ausführen.“

5. Die derzeitige Ernährungslage. Der Mensch als Produktionsfaktor

Wir haben durch die besprochenen Maßnahmen erreicht, daß wir in Deutschland schon jetzt unseren Bedarf an Nahrungsmitteln etwa zu 83 % aus eigener Erzeugung decken können. Unseren Bedarf an Brotgetreide, Kartoffeln, Zucker können wir so gut wie vollkommen selbst erzeugen ¹⁾, den an Fleisch zu etwa 80 bis 90 %, an Molkereierzeugnissen zu 80 bis 85 %, an Eiern zu etwa 80 %, an Fetten zu etwa 40 bis 50 %. Ernstere Sorgen macht nur noch unsere Fettversorgung. Es ist deshalb von großer Bedeutung, daß auch hier die Chemie helfen konnte, denn durch die Erfindung der Fetthärtung (durch W. Normann) ist es möglich geworden, das Walöl, das wir uns durch eigenen Walfang verschaffen, zur Herstellung von Margarine zu benutzen. Aus dem deutschen Walfang wurden 1938 jährlich rund 84000 t Walöl der deutschen Fettversorgung zugeführt. Das entsprach dem Rohstoffbedarf für etwa 25 % unserer Margarineversorgung. Außerdem lieferte uns der Walfang u. a. noch 7000 t Walmehl als Kraftfutter für unsere Viehwirtschaft. Einschließlich des Walfanges konnten wir unseren Fettbedarf zu rund 55 bis 60 % aus deutscher Erzeugung decken.

Diese Größe der Selbstversorgung ist eine gewaltige Leistung, zumal wir 1919 etwa 14 % unserer landwirtschaftlichen Nutzfläche verloren haben.

Wir haben auch gesehen, daß eine weitere Steigerung unserer Erzeugung theoretisch möglich und auch praktisch zu verwirklichen ist. Also man darf sich keiner Täuschung darüber hingeben, daß das in befriedigender Weise nur zu verwirklichen ist, wenn man den wichtigsten Produktionsfaktor, über den wir verfügen, nicht noch weiter ins Minimum geraten läßt. Ich meine die ländliche Bevölkerung, die

¹⁾ Getreide macht fast 38 % der Gesamternährung unseres Volkes aus, Kartoffeln etwa 15 %.

sich durch Abwanderung vom Lande in sehr beunruhigender Weise immer mehr verringert hat.

So sind nach den Angaben von Dr. Clauß z. B. aus Ostpreußen von 1870—1933 etwa 1 Million, aus Schlesien rund 900 000 Menschen abgewandert. Und seit 1933/34 sind nach amtlichen Mitteilungen rund 700 000 Arbeitskräfte der Landwirtschaft verlorengegangen.

Die Größe des Problems kann man besonders deutlich erkennen, wenn man die nachstehende Übersicht betrachtet, die kürzlich E. Dahms über Deutschlands Nahrungs- und Lebensraum veröffentlicht hat.

	Deutschlands Lebensraum		Deutschlands Nahrungsraum		
	Gesamtfläche in 1000 qkm	Bevölkerung in Millionen	Landwirtschaftliche Nutzfläche in 1000 ha	Ackerland in 1000 ha	Wiesen und Viehweiden in 1000 ha
Altreich	470,5	68,34	28 724	19 409	8 523
Großdeutschland 1939	635,9	85,95	38 268	25 359	11 896
Deutschland 1913	541,0	67,00	34 814	25 523	8 584

Aus diesen Zahlen berechnet E. Dahms:

Im Vorkriegsdeutschland (1913) kamen auf 1 qkm Gebietsfläche 124 Menschen, in Großdeutschland (vor dem Kriege 1939) kommen auf 1 qkm Gebietsfläche 135 Menschen.

Im Jahre 1913 mußten 192 Menschen von 100 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche ernährt werden, während jetzt in Großdeutschland 225 Menschen von 100 ha leben müssen. Wir stehen also jetzt noch mehr als früher vor der Notwendigkeit, unsere Flächenerträge zu erhöhen!

Wenn man die Erzeugung umrechnet auf die Leistung der Landbevölkerung, so ergibt sich nach den Angaben von W. Bäcker, daß je Landbewohner erzeugt wurden, ausgedrückt in dz/ha:

	Roggen	Weizen	Gerste	Hafer	Kartoffeln	Futtermühen
1874	2,5	1,1	0,8	1,8	11,0	0,6
1936	5,4	3,3	2,5	4,1	34,0	8,8

Ähnliche Angaben machte H. Reischle auf der zweiten Haupttagung des Reichsbauertages in Goslar (1938). Man kann auch sagen: Im Jahre 1880 mußte ein Bauer etwa zwei Städter ernähren, heute aber vier. Das ist möglich geworden durch die erhöhten Erträge, die jetzt auf der Flächeneinheit infolge der verstärkten Düngung und anderer Maßnahmen gewonnen werden und mit Hilfe der Maschinen, die an Stelle der menschlichen Arbeitskraft getreten ist. Der Nutzeffekt der Arbeit ist also gesteigert worden. Aber diese Leistung hat natürlich ihre Grenzen. Sie kann nicht unbeschränkt vergrößert werden durch die Fortschritte der Wissenschaft und Technik. Die Gefahr, die ein Mangel an Arbeitskräften für unsere Volksernährung bedeutet, verlangt noch andere Maßnahmen auf anderen Gebieten und wir sind Zeugen, daß der Staat und die Landwirtschaft in klarer Erkenntnis der Sachlage bestrebt sind, auch diese Schwierigkeit zu überwinden.

Schlußwort

Es hat in der Landwirtschaft schon manche Verbesserungen gegeben, die umgestaltend auf den Betrieb eingewirkt haben und von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung waren. So die Einführung der Kartoffel, des Rotkleebaues, der auch wesentlich zur Beseitigung der Vollbrache beitrug (was zugleich eine Vermehrung des Ackerlandes bedeutete) und noch einige andere. Sie kamen ohne Mitwirkung der Naturwissenschaften zustande. Es kamen dann hinzu die Verbesserungen, die durch die Forschungen auf dem Gebiete der Pflanzenernährung, der Bodenkunde, der Pflanzenzüchtung, der Pflanzenpathologie, der Bakteriologie bewirkt wurden. Ferner bedeutete die Einführung der Maschinen, durch die menschliche und tierische Arbeitskraft ersetzt und gespart wurde, eine große Verbesserung und Umgestaltung. Alle diese Verbesserungen haben in ihrer Gesamtheit, zusammen mit wirtschaftspolitischen Maßnahmen, den heutigen hohen Stand der Leistungsfähigkeit unserer Landwirtschaft geschaffen. Sie sind, wie ich schon gezeigt habe, alle gleich wichtig. Und doch nimmt unter diesen Faktoren die richtige Erkenntnis der Pflanzenernährung und die Einführung der mineralischen Düngemittel insofern eine Sonderstellung ein, als es nur mit ihrer Hilfe möglich war und ist, das Unfruchtbarwerden des Bodens infolge seiner Erschöpfung an Nährstoffen zu verhindern. Und deshalb sind die Lehren Liebig's, die er vor 100 Jahren verkündete, von ganz besonderer Bedeutung gewesen. Sie waren eine Höchstleistung, die wir heute noch als solche deutlich erkennen und einschätzen. Noch heute haben deshalb die eingangs erwähnten Worte seiner Zeitgenossen Gültigkeit:

„Noch die späteste Nachwelt wird den Namen desjenigen segnen, der ihr die Macht gegeben, die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten und sie dadurch erlöst hat von der Gefahr der Verödung ihrer Wohnsitze.“

Uns aber mahnt sein Name und sein Werk dafür zu sorgen, daß der Forschungsgeist der Liebig beseelte, stets in der deutschen Wissenschaft fortlebt.

Liebig sagte einmal:

„Die große Masse der Menschen hat keinen Begriff davon, mit welchen Schwierigkeiten Arbeiten verknüpft sind, die das Gebiet des Wissens tatsächlich erweitern ... ja man kann sagen, daß der Trieb nach Wahrheit nicht ausreichen würde, wenn dieser Trieb sich nicht im Einzelnen zur mächtigen Leidenschaft ... steigerte...“

Man kann dem die Worte hinzufügen, die kürzlich ein bekannter Forscher unserer Zeit, Ferdinand Sauerbruch, für eine alte Wahrheit prägte:

„Wer nur in ausgefahrenen Gleisen wissenschaftlich denken kann, der wird schwerlich Neuland entdecken.“