

Chemie und Landwirtschaft in ihren wechselseitigen Beziehungen zueinander.

Von Prof. Dr. F. HONCAMP, Rostock.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Landwirtschaftschemie auf der 40. Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Essen.

(Eingeg. 1. Juni 1927.)

Die wesentlichste Aufgabe der Landwirtschaft ist die Erzeugung pflanzlicher und tierischer Produkte für die menschliche Ernährung. Diese durch inländische Erzeugung sicherzustellen, ist zu allen Zeiten eines der wichtigsten Probleme für jedes Staatswesen in politischer wie wirtschaftlicher Beziehung gewesen. Der verfloßene Weltkrieg sollte uns mit aller Deutlichkeit gelehrt haben, daß die Sicherheit der Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln immerhin einer etwaigen Wohlfelheit durch Bezug aus dem Auslande vorzuziehen ist. Den Bedarf an Brotgetreide konnte die deutsche Landwirtschaft vor dem Kriege zu 85—90 % durch eigene Erzeugung decken. Die Versorgung der Bevölkerung mit Kartoffeln und Zucker durch Inlanderzeugung war nicht nur restlos möglich, sondern es konnten sogar durchschnittlich noch etwa zwei Fünftel der heimischen Zuckerproduktion ausgeführt werden. Scheinbar recht günstig gestalteten sich vor dem Kriege auch die Verhältnisse hinsichtlich der Versorgung des deutschen Volkes mit Fleisch und Fett aus inländischer Erzeugung. Den Bedarf hieran deckte die heimische Viehzucht zu 95 %. Diese Tatsache ist um so beachtenswerter, als Deutschland damals von allen zivilisierten Völkern der Welt den größten Fleischkonsum pro Kopf der Bevölkerung aufwies. Die Produktion dieser großen Fleisch- und Fettmengen im Inlande, wie sie durch die starke Nachfrage seitens der Bevölkerung bedingt wurde, war aber nur möglich mit einer sehr großen Menge von Rohstoffen, d. h. Kraftfuttermitteln, welche das Ausland uns lieferte. Die deutsche Landwirtschaft war also vor dem Kriege, freilich nur unter Zuhilfenahme von ausländischen Rohstoffen (Dünge- und Futtermittel), in der Lage, den Bedarf der Bevölkerung an animalischen und vegetabilischen Nahrungsmitteln zum allergrößten Teile durch Inlanderzeugung zu beschaffen. Heute ist das Defizit an Nahrungsstoffen erheblich größer. Es ist auch viel schwieriger als ehemals zu decken. Wir hatten vor dem Kriege auf je 100 ha Bodenfläche 193 Menschen zu ernähren, heute 205. Dünnbevölkerte Ueberschußgebiete sind verlorengegangen. Dichtbevölkerte Industriegebiete mit einer starken Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen sind uns geblieben. Wir haben durch den unglücklichen Ausgang des Krieges an dem Gesamtgebiet gemessen 12 % der Kartoffelanbaufläche, 14 % der Getreideanbaufläche und sogar 16 % der Zuckerrübenanbaufläche verloren. Wollen wir unter diesen veränderten Bedingungen das deutsche Volk mit dem ernähren, was der deutsche Acker hervorbringt, so kann dies nur durch eine wesentliche Mehrerzeugung an Nahrungsstoffen geschehen. Jede Intensivierung der Bodenbenutzung, denn um eine solche handelt es sich in erster Linie, ist aber unter den in Deutschland gegebenen Bedingungen mit einem wachsenden Verbrauch an Industrieerzeugnissen verbunden.

Der Aufstieg der deutschen Landwirtschaft greift bis ungefähr in die Mitte des vorigen Jahrhunderts zurück. Indem damals Justus von Liebig die Grundgesetze der pflanzlichen und tierischen Ernährung schuf, wurde er der Begründer der Landwirtschaftschemie.

Diese ist im wahrsten Sinne des Wortes als deutsche Wissenschaft anzusprechen. „Es klingt wunderbar“, so sagt Hermann Kolbe, „und dem Laien beinahe unglaublich, 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 diktiert, wie der Landwirt sein Land behandeln muß, um ihm dauernd größte Ertragsfähigkeit zu geben, und daß mit Liebig's Lehren von der Kultur des Bodens und dem Naturgesetze des Landbaues erst eine wirklich rationelle Landwirtschaft beginnt.“ Indem Liebig das gesamte organische Leben als ein Ganzes erfaßte, dessen einzelne Teile sich gegenseitig bedingen und ergänzen, legte er dar, daß die Pflanze die zum Aufbau ihrer Organe notwendigen Bestandteile ausschließlich anorganischen Stoffen entnimmt. Selbstverständlich fußten die Liebig'schen Anschauungen und Lehren auf den Erfahrungen und Untersuchungen seiner Vorgänger. Aber als erster von diesen begriff Liebig, daß nur „durch die richtige Zerlegung der komplexen Begriffe: Boden, Dünger, Fruchtbarkeit, in einzelne naturwissenschaftlich definierbare Faktoren es gelingen könne, eine Theorie der Pflanzenernährung aufzubauen, deren Erfolge ganz unabsehbar sein müßten.“ In seinem erstmalig im Jahre 1840 erschienenen Werk: „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ legte Liebig in überzeugender Weise dar, daß die anorganischen Bestandteile der Pflanze unerlässlich für das Wachstum derselben überhaupt sind und von diesen mit Hilfe der Wurzeln aufgenommen werden. Wiederum waren es zwei deutsche Chemiker, nämlich Wiegmann und Polstorff, welche sehr bald die Richtigkeit der Liebig'schen Anschauung experimentell bewiesen. Die Genannten beantworteten die von der „Göttinger Akademie der Wissenschaften“ gestellte Preisfrage, „ob die sogenannten unorganischen Elemente, welche in der Asche der Pflanzen gefunden werden, auch dann in den Pflanzen sich finden, wenn sie denselben nicht dargeboten werden, und ob jene Elemente so wesentliche Bestandteile des vegetabilischen Organismus seien, daß dieser sie zu einer völligen Ausbildung bedürfe?“ dahin, „daß das Wachstum der Pflanzen sehr behindert und fast ganz unterdrückt werde, sobald nicht eine gewisse Menge unorganischer Bestandteile in auflöslichem Zustande im Boden vorhanden sei“. Aus den anorganischen Rohstoffen Kohlensäure, Wasser und einigen wenigen Elementen, wie namentlich Kali, Kalk, Phosphorsäure und Stickstoff erzeugt die Pflanze unter dem Einfluß der Sonnenenergie in den grünen Blattorganen ihre als Nährstoffe so wichtigen Fertigfabrikate wie Eiweiß, Fett, Stärke und Zucker. Der synthetische Aufbau solch kompliziert zusammengesetzter Stoffe gelingt der Pflanze scheinbar mühelos und in einfacher Weise. Chemische Prozesse spielen sich im pflanzlichen Organismus ab, die in gleicher Weise und in demselben Umfange nachzu-

machen der geschickteste und kenntnisreichste Chemiker nicht in der Lage ist. Wir sind infolgedessen bezüglich unserer Ernährungsverhältnisse noch vollkommen auf das angewiesen, was der größte Chemiker, die Natur, im Pflanzenkörper scheinbar spielend bildet und erzeugt. Die Aufgabe des Menschen kann daher vorläufig nur darin bestehen, den stofflichen Aufbau der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen mit allen Mitteln zu fördern und zu heben.

Wenn die durchschnittlichen Ernteerträge in Deutschland während des Zeitraums von 1820 bis 1913 zum Beispiel beim Roggen von 8,6 auf 19,0 und beim Weizen von 10,3 auf 23,5 dz je Hektar gestiegen sind, so sind diese Ertragssteigerungen neben einer besseren Bodenbearbeitung und der Züchtung ertragreicher Sorten in erster Linie auf die Anwendung der chemischen Kunstdüngemittel zurückzuführen. Diese haben uns erst eine reichlichere und sachgemäße Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen ermöglicht. Kali, Kalk, Phosphorsäure und Stickstoff spielen hierbei eine wichtige Rolle. Rohstoffe rein chemischer Natur bilden also heute eine der wichtigsten Grundlagen eines intensiven und rationellen Pflanzenbaues. Seitdem diese Erkenntnis mehr und mehr Allgemeingut der Landwirtschaft wurde, „ist das Kali aus den Staßfurter Gruben, die Phosphorsäure aus dem Thomasmehl und aus den Phosphatlager des Stillen Ozeans, des nördlichen Afrikas und der südlichen Vereinigten Staaten, der Stickstoff aus den Wüsten Chiles und aus den Kokereien als ein Strom des Reichtums und des Segens auf die deutschen Felder geflossen (F. Haber). Stieg der Jahresverbrauch an chemischen Kunstdüngemitteln von 16 Millionen Doppelzentner im Jahre 1890 auf 80 Millionen Doppelzentner im Jahre 1913, so haben die letzten Jahre teilweise eine weitere, vielfach erhebliche Verbrauchssteigerung gebracht. Es wurden angewandt:

	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	insgesamt	je ha	insgesamt	je ha	insgesamt	je ha
im Düngerjahre 1913/14 . . .	185 000 t	5,99 kg	555 000 t	17,97 kg	490 000 t	15,90 kg
im Düngerjahre 1925/26 . . .	330 000 *	11,68 *	380 000 *	13,03 *	669 000 *	21,55 *

Die Zunahme des Kali- und Stickstoffverbrauches, der Rückgang aber in der Anwendung von Phosphorsäure dürfen nicht etwa zu der durchaus irrigen Schlußfolgerung verführen, als ob letztere in wesentlich geringerem Umfange von unseren landwirtschaftlichen Kulturpflanzen benötigt würde als Kali und Stickstoff. Der stärkere Verbrauch an den beiden letztgenannten Kunstdüngern wird sicherlich nicht zum wenigsten dadurch mitbedingt, daß es sich hier so gut wie ausschließlich um Produkte heimischer Industrien handelt, bezüglich deren Erzeugung und Gewinnung Deutschland bis zu einem gewissen Grade eine Sonderstellung einnimmt. Infolgedessen können diese Erzeugnisse relativ billig an die Landwirtschaft abgegeben werden. Trotz dieser verstärkten Kunstdüngeranwendung ist aber die auf die Flächeneinheit entfallende Nährstoffmenge noch eine durchaus ungenügende. Nach den oben angeführten Zahlen entfielen im Düngerjahre 1925/26 auf das Hektar rund nur etwa 80 kg Salpeter oder 60 kg schwefelsaures Ammoniak, 75 kg Superphosphat bzw. 85 kg Thomasmehl und 55 kg eines 40%igen Kalisalzes. Also nicht einmal ein Doppelzentner wurde auch nur von einem der hier angeführten chemischen Kunstdüngemittel im Durchschnitt je Hektar angewandt. Demgegenüber rechnen gutgeleitete landwirtschaftliche Betriebe mindestens mit den doppelten Düngergaben. Wollen wir die Ernährung des deutschen Volkes mit den Erzeugnissen der eigenen Scholle decken, so wird man noch ganz erheblich größere

Mengen von chemischen Kunstdüngern anwenden müssen. Allein die Anwendung von Stickstoff wird man noch gut verdoppeln können. Die Möglichkeit hierfür ist ohne weiteres vorhanden, nachdem das alte Problem der Fixierung des Luftstickstoffes in so glänzender Weise durch die chemische Wissenschaft und die chemische Technik gelöst worden ist. Auch einer verstärkten Anwendung von Kalisalzen steht nichts im Wege, da Deutschland reich an natürlichen Kalilagerstätten ist. Dagegen ist die Versorgung des deutschen Ackerbodens mit Phosphorsäure noch zu einem erheblichen Teile auf ausländische Phosphate angewiesen. Die Landwirtschaft hofft, daß es der chemischen Technik und Wissenschaft gelingen möge, auch diese Frage in einem günstigen Sinne zu lösen. Sie ist außerdem die Voraussetzung für eine erheblich gesteigerte Verwendung von Kali und Stickstoff überhaupt. Bekanntlich bedingt nach dem Liebig'schen Gesetze des Minimums derjenige Nährstoff die Größe der Ernte, welcher in geringster Menge vorhanden ist. Durch die Nutzbarmachung des Luftstickstoffes und der Kali- und Phosphatlager für die Pflanzenproduktion und somit für Erzeugung vegetabilischer Nährstoffe haben Wissenschaft und Technik die seinerzeit von Liebig aufgestellte Forderung, nämlich „aus Luft und Steinen Brot zu machen“, in die Tat umgesetzt. Es wird in noch größerem Umfange der Fall sein, wenn es erst gelingt, auch die Grundlagen der Kohlensäuredüngung mittels Abgasen usw. nach der praktischen und technischen Seite hin noch genügend auszubilden und zu vervollkommen.

Es genügt aber nicht allein, daß wir dem Ackerboden als dem Nährstoffreservoir, aus welchem die Pflanze schöpft, die notwendigen Nährstoffe in erforderlichen Mengen zuführen. Der Boden ist auch Standort für die Pflanzen. Die chemischen und physikalischen Bodenverhältnisse sind von größtem Einfluß auf die Entwicklung und den Ertrag der Pflanze. Eine starke Acidität des Bodens ebenso wie eine solche Alkalität desselben hemmen das Pflanzenwachstum und vermindern somit die Ernteerträge. Die Ursachen sind in dem einen Falle auf einen Mangel, im andern auf einen Überfluß an Kalk zurückzuführen. Die Bodenversauerung wird in der Regel durch eine Basenverarmung des Bodens verursacht. Diese Basenverluste sind zunächst in jedem Boden auf die gemeinschaftliche Wirkung von Kohlensäure und Wasser zurückzuführen. Sie werden auf den landwirtschaftlichen Kulturböden durch die angebauten Pflanzen und durch die Anwendung gewisser chemischer Kunstdüngemittel verstärkt. Es sind in erster Linie die Ammoniak- und auch die Kalisalze, welche einmal durch ihre Umsetzungen mit den Karbonaten und Silicaten des Bodens, dann aber auch durch ihre physiologisch saure Beschaffenheit in größerem Umfange zu den Basenverlusten des Kulturbodens beitragen. Diese Bodenacidität, welche wir als Austauschacidität bezeichnen, ist aber nicht die einzige dieser Art. Von den verschiedenen Aciditätsformen ist die hydrolytische insofern von Bedeutung, als sie uns schon frühzeitig über den ersten Anfang des Basenverlustes aus den zeolithischen Silicaten Aufschluß gibt. Hydrolytische wie Austauschacidität lassen sich durch eine entsprechende Kalkung beseitigen. Der heutigen verstärkten Anwendung physiologisch saurer Düngemittel wie insonderheit der Ammoniaksalze steht aber keine entsprechende Steigerung der Kalkdüngung gegenüber. An Düngekalk wurde verbraucht:

	Gebr. Kalk	Kalkmergel
im Düngerjahre 1913/14 . .	2 000 000 t	1 300 000 t
„ „ 1925/26 . .	566 000 „	638 000 „

Dieser Rückgang im Verbrauch von Düngekalk ist um so mehr zu bedauern, als die Schaffung gesunder Standortverhältnisse mit günstigem Kalkzustand heute eine der wichtigsten Fragen für die Boden- und Pflanzenkultur ist. Der Kalk ist der Hauptträger des chemischen Bodenumsatzes. Er ist nicht nur ein unentbehrlicher Pflanzennährstoff, sondern, in richtiger Menge dem Ackerboden zugeführt, neutralisiert der Kalk auch vorhandene Säuren und führt eine neutrale oder schwach alkalische Reaktion herbei, wie sie der Pflanze am meisten zusagt. Der Kalk verbessert die biologischen und physikalischen Bodenverhältnisse. Als Nährstoff für die Pflanze wie als bodenverbesserndes Meliorationsmittel ist demnach der Kalk für die Landwirtschaft von der größten Bedeutung. Die Beschaffenheit und Eigenschaften eines Bodens in biologischer, chemischer und physikalischer Hinsicht bedingen also in erheblichem Umfange die Größe der Ernteerträge. Diese Produktionsbedingungen in die Hand zu bekommen ist der Landwirt aber nur mit Hilfe der Chemie imstande. Die chemische Wissenschaft lehrt die Eigenschaften des Bodens, die in ihm sich abspielenden Veränderungen und Umsetzungen usw. erkennen. Unsere Kenntnisse in dieser Beziehung sind aber noch keineswegs lückenlos. Soweit der Boden als Versorger der Pflanze mit den unentbehrlichen Nährstoffen in Frage kommt, wird für die Fruchtbarkeit derselben seine chemische Zusammensetzung und ganz besonders die chemische Form der einzelnen Bestandteile maßgebend sein. Hier wird die Chemie im Hinblick auf eine rationelle Düngerwirtschaft durch die Bodenanalyse festzustellen haben, welche Pflanzennährstoffe überhaupt vorhanden sind und ob und in welchen Mengen sich diese in einer für die Pflanze annehmbaren Form vorfinden.

Je intensiver nun die Landwirtschaft betrieben wird, desto größer wird die Notwendigkeit sein, der Ackerkrume als Ernährerin der Pflanze die unentbehrlichen Nährstoffe wie Kali, Kalk, Phosphorsäure und Stickstoff in geeigneter Form und in genügender Menge zuzuführen. Ausreichende Mengen Kunstdünger im Inlande zu erzeugen und sie der Landwirtschaft preiswert zu liefern, wird die Aufgabe der chemischen Industrie sein. In Hinsicht auf Ackerbau und Pflanzenproduktion sind also die Wechselbeziehungen von Chemie und Landwirtschaft außerordentlich innig. Der gesamte pflanzliche Stoffwechsel läuft auf die Erzeugung organischer Substanz (Eiweiß, Fett und Kohlehydrate) aus anorganischen Rohstoffen hinaus. Er stellt einen Assimilations-, Reduktions- oder auch synthetischen Prozeß dar, in welchem hochoxydiertes kohlenstoffhaltiges Material zu sauerstoffarmen Verbindungen reduziert wird. Zu den Aufgaben der Chemie wird es gehören, alle jene Bedingungen zu erforschen und kennenzulernen, welche zum Zustandekommen dieser Prozesse erforderlich sind und dieselben in weitestgehendem Maße fördern können. Die Pflanzenzelle nachzuahmen bezeichnet R. Willstätter als höchsterstrebenswertes Ziel des aufbauenden Chemikers.

Hat die Chemie die Landwirtschaft gelehrt, wie man den Boden für das Pflanzenwachstum verbessern, eine ausreichende Ernährung der Pflanzen sicherstellen und somit die ganze Pflanzenproduktion steigern kann, so ist es eine weitere wichtige Aufgabe der Chemie, Mittel und Wege zu zeigen, diese Mehrerträge zu erhalten und der Volksernährung möglichst restlos nutzbar zu machen. Infolge der Schaffung besserer Anbau-

verhältnisse und einer intensiven, zum Teil üppigen Ernährung sind die neuzeitlichen, hochgezüchteten Pflanzensorten vielfach anfälliger und weniger widerstandsfähig gegen Krankheiten und gegen den Befall mit pflanzlichen und tierischen Schädlingen. Große Mengen menschlicher Nahrungsstoffe gehen auf diese Weise jährlich verloren. Der wirtschaftliche Schaden ist ungeheuer. Zahlenmäßig diese Ausfälle zu erfassen, ist sehr schwer. Auf Grund umfangreicher Erhebungen in allen Getreidebau treibenden Ländern nimmt Erikson an, daß allein durch die Krankheiten des Getreides ein Gesamtschaden von jährlich 1,25 Milliarden Goldmark verursacht wird. Bei der Kartoffel ist durch kranke Knollen mit einem durchschnittlichen Ausfall von 5% des Gesamtertrages zu rechnen, der eine weitere Verminderung um 10% während der Aufbewahrung und Einlagerung erfährt. Das Auftreten der Nematode, der Rübenfliege und anderer Schädlinge hat in einzelnen Jahren die Ernte an Zuckerrüben auf ein Drittel herabgedrückt. Geradezu katastrophal sind zum Teil die Schädigungen, welche der Obstbau durch gewisse Schädlinge und die Wald- und Forstwirtschaft durch Nonne, Forleule und andere erleiden. Es sind dies nur einige wenige von den zahlreichen Schädlingen, welche heute Obst-, Pflanzen- und Waldbau bedrohen. Die Wege, um derartige Schäden auf ein Mindestmaß herabzusetzen, sind verschiedene. Der Pflanzenbau hat auf die Züchtung widerstandsfähiger Sorten sein Augenmerk zu richten. Die praktische Landwirtschaft wird durch geeignete Kulturmaßnahmen, wie Bodenbearbeitung, Düngung, Fruchterfolge usw., Abwehrmaßnahmen treffen können. Eine besonders große Bedeutung kommt aber, wie O. Appel hervorhebt, den chemischen Mitteln im Pflanzenschutz zu. Ohne diese sind schon heute gewisse Kulturen einfach undurchführbar. So dürfte zum Beispiel ein erfolgreicher Weinbau ohne Behandlung der Reben mit Schwefel und mit Kupferpräparaten sowie gegen den Heu- und Sauerwurm mit arsen- und nikotinhaltigen Mitteln gar nicht mehr möglich sein. Ähnlich liegen die Verhältnisse hinsichtlich anderer Kulturen. Die chemische Industrie hat auch den großen Wert von chemischen Pflanzenschutzmitteln für Forst- und Landwirtschaft bereits in vollem Umfange erkannt. Eingedenk ihrer altbewährten Tradition hat die deutsche chemische Industrie sogleich an die Stelle der früheren Empirie in der Auffindung geeigneter Pflanzenschutzmittel die wissenschaftliche Arbeit und Forschung gesetzt. Je nach dem Zweck, welchem sie dienen sollen, sind die chemischen Pflanzenschutzmittel hinsichtlich Anwendung und Zusammensetzung sehr verschiedenartig. Es hängt dies von der Art und den biologischen Eigenschaften und Besonderheiten des zu bekämpfenden Krankheitserregers ab.

Als chemische Pflanzenschutzmittel haben sich Formaldehyd und gewisse Kupfer- und Quecksilberverbindungen als Beizen gegen bestimmte Arten von Brand bewährt. Als Spritz- und Stäubemittel finden Kupfer- und Schwefelkalkbrühen neben Arsen, Eisenvitriol, Kainit, Kalkstickstoff, Nikotin und anderen zur Bekämpfung von Unkräutern sowie von parasitischen Pilzen und tierischen Schädlingen Verwendung. Die Bekämpfung der im Acker hausenden pflanzlichen und tierischen Schädlinge auf dem Wege der Bodendesinfektion ist bislang nur in bescheidenem Umfange möglich gewesen. Der größte Erfolg dürfte hier mit der Bekämpfung der Reblaus durch Schwefelkohlenstoff erzielt worden sein. Dagegen haben alle bisherigen Bemühungen auf den Wegen der Bodendesinfektion solch außerordentlich schädigende

pathogene Bodenorganismen wie die Erreger des Kartoffelkrebes, der Kohlhernie sowie der Schwarzbeinigkeit und von den tierischen Schädlingen die Drahtwürmer, Engerlinge, Nematoden und andere erfolgreich zu bekämpfen, noch nicht zu praktisch brauchbaren Maßnahmen geführt. Die Schwierigkeit bei der Bodendesinfektion liegt darin, ein Desinfektionsmittel zu finden, welches die Schädiger einerseits sicher vernichtet, aber auf der anderen Seite auch unschädlich für das Gedeihen der anzubauenden Pflanze ist. Es muß also ein solches Mittel nach Erfüllung seiner Aufgabe ohne große Schwierigkeiten aus dem Boden entfernt oder im Boden selbst zerstört werden können. Eine Aufgabe, die nicht leicht zu lösen sein wird. Endlich kommen noch zur Bekämpfung von Schädlingen gewisse Begasungs- und Räuchermittel in Betracht, welche in geschlossenen Räumen Anwendung finden und hier auch ihrer Aufgabe im allgemeinen gerecht werden. Als solche Begasungsmittel finden vorwiegend Nikotin und Cyanwasserstoff Verwendung. In den Bauen und Gängen gewisser schädlicher Nager, wie Hamster, Mäuse, Ratten usw., bedient man sich des Schwefeldioxydes, des Schwefelkohlenstoffes, des Tetrakohlenstoffes und anderer giftiger Gase. Diese kurzen Hinweise dürften genügen, um die Bedeutung der chemischen Bekämpfungsmittel zur Vertilgung und Unterdrückung von Schädlingen für die Landwirtschaft und durch Erhaltung von Nährstoffen und wirtschaftlichen Werten auch für die gesamte Volkswirtschaft zu kennzeichnen. In der Herstellung und Verwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln haben wir vielleicht den jüngsten Berührungspunkt zwischen Chemie und Landwirtschaft. Sicherlich aber eines solchen, der für die Landwirtschaft sowie für unsere ganze Volksernährung von weittragender Bedeutung ist und der andererseits der chemischen Industrie heute vielleicht noch ganz unübersehbare Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

Aus der Tatsache, daß allein die grüne Pflanze in der Lage ist, aus Kohlensäure und Wasser sowie einigen anderen anorganischen Verbindungen diejenigen Stoffe aufzubauen, welche wie Eiweiß, Fett und Kohlehydrate für die tierische Ernährung in Betracht kommen, geht die große Bedeutung des Pflanzenbaues für die Volksernährung hervor. Alle Stoffe, welche der tierische Organismus zum Aufbau seines Körpers und zur Aufrechterhaltung des ganzen Lebensprozesses bedarf, entnimmt er dem Pflanzenreiche. Der Herbivore wie das landwirtschaftliche Nutzvieh direkt, indem ihm pflanzliche Stoffe als Nahrung dienen. Der Fleischfresser indirekt, weil das Fleisch, welches er verzehrt, auch erst aus vegetabilischen Nahrungsstoffen entstanden ist. Infolgedessen ist ein Bestehen der Flora ohne die Fauna möglich. Der umgekehrte Fall aber ist ausgeschlossen. Die Pflanze ist daher maßgebend für das gesamte organische Leben. Einzig und allein Größe und Umfang des Pflanzenbaues und der Pflanzenproduktion sind daher letzten Endes die ausschlaggebenden Faktoren dafür, ob und inwieweit ein Land seine Bevölkerung unabhängig von der ausländischen Zufuhr ernähren kann oder nicht. Wir haben also alle Ursache, zunächst mit jedem zu Gebote stehenden Mittel die Pflanzenproduktion zu fördern und zu heben. Welche ausschlaggebende Rolle hierbei die Chemie spielt, ist in den vorhergehenden Ausführungen klargestellt worden. Eine Intensivierung der Landwirtschaft muß ohne weiteres eine solche der chemischen Industrie im Gefolge haben. An einer günstigen Entwicklung der Landwirtschaft haben

also Industrie, Volksernährung und Volkswirtschaft ein gleich großes Interesse.

Die Pflanze baut aus einfachen anorganischen Stoffen kompliziert zusammengesetzte organische Nährstoffe für die Ernährung des tierischen Organismus auf. Im Gegensatz zu diesem synthetischen Prozeß der Pflanzenproduktion ist der tierische Stoffwechsel als ein Oxydations-, Dissimilations- oder analytischer Prozeß zu bezeichnen. Der Kraft- und Stoffwechsel der Tiere ist ein entgegengesetzter wie derjenige der Pflanze. Letztere bildet organische Substanz, der tierische Organismus zerstört diese. Die Pflanze verbraucht lebendige Kraft und erzeugt Spannkraft. Das Tier dagegen verbraucht Spannkraft und erzeugt lebendige Kraft. Die in der organischen Pflanzensubstanz enthaltene Energie benötigt der tierische Organismus zur Erzeugung von Muskelkraft und Wärme, von denen erstere für die Arbeitstiere besonders in Frage kommt. Soweit der tierische Organismus organische Nahrungsstoffe über den Bedarf zur Lebenserhaltung und Kraftleistung zugeführt erhält, werden diese in tierische Produkte wie Fett, Fleisch, Milch, Wolle usw. umgewandelt. Beiden Aufgaben können die Nährstoffe wie Eiweiß, Fett und Kohlehydrate aber in der Regel erst gerecht werden, wenn sie in einfachere oder lösliche Verbindungen zerlegt und so zunächst erst einmal aufnahmefähig gemacht worden sind. Der tierische Organismus verfährt hierbei genau wie der Chemiker, welcher Stoffe zersetzen und in Lösung bringen will. Solche Stoffe behandelt der Chemiker alsdann in neutraler, saurer und alkalischer Lösung. In gleicher Weise verfährt auch der tierische Organismus, denn es reagiert der Speichel neutral, der Magensaft sauer und der pankreatische Saft alkalisch. Soweit die Nährstoffe hierbei nicht in Lösung gehen, übernehmen die Fermente den weiteren Abbau derselben. Die Fermente sind gewissermaßen die Katalysatoren der Zelle, deren charakteristische Merkmale im Ostwaldschen Sinne ihnen durchaus eigen sind. Es werden die Eiweißstoffe bis zu den Aminosäuren aufgespalten, und die Kohlehydrate zu Monosacchariden abgebaut. Die Neutralfette werden in Fettsäuren und Glycerin zerlegt. In diesen Formen werden die Nährstoffe aufgesaugt und im intermediären Stoffwechsel sogleich wieder zu art-eigenen Produkten aufgebaut, um nunmehr im Bau- oder Betriebsstoffwechsel des tierischen Organismus Verwendung zu finden. Das tierische Eiweiß kann nur aus den stickstoffhaltigen Verbindungen, d. h. aus den Proteinen des Futters entstehen. Die Fettbildung aus Nahrungsfett ist einwandfrei nachgewiesen worden. Ebenso sicher ist heute die früher so viel umstrittene Frage der Bildung von Fett aus Kohlehydraten bewiesen. Letztere erfährt insonderheit bei der Fettmast der landwirtschaftlichen Nutztiere eine weitgehende Nutzenanwendung. So ist das landwirtschaftliche Nutzvieh in seinem Lebensprozeß ein Umformer von Stoff und Energie. Ein großer Teil für die menschliche Ernährung nicht brauchbarer und geeigneter Pflanzenstoffe wird auf dem Umwege über den tierischen Organismus in menschliche Nahrungsstoffe veredelt. Die in der Pflanze aufgespeicherte Sonnenenergie wird vom Körper in Kraftleistungen übergeführt. Der tierische Lebensvorgang stellt also eine Reihe von verschiedenen, aber gleich den Rädern eines feinen Uhrwerkes ineinander greifenden chemischen Prozessen dar. Im Tierkörper findet eine auf Abbau begründete Neubildung von Stoffen statt, neben welcher zur Erzeugung von Kraft und Wärme ein Oxydationsprozeß nebenherläuft. Das Endprodukt des letzteren ist die Kohlensäure. Diese dient nun ihrerseits

wiederum der grünen Pflanze als Baumaterial für neu zu bildende organische Substanz.

Erst mit Hilfe der Chemie war es möglich, über die Funktionen, welche die einzelnen Nährstoffe im Stoffwechsel des tierischen Organismus ausüben, Klarheit zu schaffen. Seit langem ist es eines der wichtigsten Probleme der organischen Chemie gewesen, die chemische Konstitution der Eiweißkörper aufzuklären und ihre synthetische Darstellung zu verwirklichen. Den epochemachenden Untersuchungen von E. Fischer, E. Abderhalden u. a. haben wir es zu danken, wenn wir heute über den Aufbau und die Konstitution der Eiweißkörper im allgemeinen unterrichtet sind. Alle Proteine setzen sich aus einer gewissen Anzahl von bestimmten Aminosäuren zusammen. Da diese nach Art und Menge an dem Aufbau des Eiweißmoleküles verschiedenartig beteiligt sein können, ist die Zahl der Eiweißarten sehr groß. Hierdurch wird gleichzeitig aber auch bedingt, daß die verschiedenen Eiweißstoffe nicht gleichwertig für die tierische Ernährung zu sein brauchen. So ist zum Beispiel der Leim dem Eiweiß ernährungsphysiologisch nicht ebenbürtig, weil ihm die lebenswichtigen Aminosäuren Tryptophan und Cystin fehlen. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß eine ganze Reihe von Proteinstoffen in ernährungsphysiologischer Hinsicht unvollständig ist. Diese Frage der biologischen Wertigkeit der in den verschiedenen pflanzlichen Futterstoffen enthaltenen Eiweißstoffe ist für die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere von der allergrößten Bedeutung. So genügen zum Beispiel nach den bisher hierüber vorliegenden Untersuchungen die Eiweißstoffe der Körner und Samen von Bohne, Erbse, Hafer, Hirse, Mais, Roggen, Weizen usw. nicht, um bestes Wachstum zu erzeugen. Letzteres kann jedoch erzielt werden, wenn man biologisch vollwertiges Eiweiß wie zum Beispiel Kasein in Form von Milch oder anderen Molkereiprodukten beifüttert. Gewisse zum Aufbau von tierischem Eiweiß unbedingt notwendige Bausteine müssen den Eiweißstoffen der obengenannten Samen also fehlen. Man wird annehmen können, daß je arteigener das Futtereiweiß dem tierischen Eiweiß ist, welches neu aufgebaut oder ersetzt werden soll, desto größer auch seine biologische Wertigkeit sein wird. Daher die guten Erfolge mit der Verfütterung von Futterstoffen tierischer Herkunft wie Blutmehl, Fisch- und Fleischmehl, Milch- und Molkereiprodukten usw. Die Frage der biologischen Wertigkeit der Eiweißstoffe in den verschiedenen Futtermitteln hat aber für die praktische Landwirtschaft eine um so größere Bedeutung, als wir bezüglich der Versorgung des landwirtschaftlichen Nutztieres mit dem Nährstoff Eiweiß noch in sehr starkem Umfange auf die ausländische Zufuhr angewiesen sind. Je richtiger und wirtschaftlicher die Landwirtschaft daher das vorhandene Eiweiß entsprechend seiner biologischen Wertigkeit verwendet, desto geringer wird der Bedarf hieran sein.

Wie die Frage der Wertigkeit der Eiweißstoffe nur mit Hilfe der Chemie zu lösen sein wird, so auch diejenige der Vitamine. Über die chemische Natur der Vitamine sind wir noch wenig unterrichtet. Sie sind bislang nur als lebenswichtige Stoffe erkannt. Wir wissen, daß diese Ergänzungstoffe zwar organischer Natur sind, aber wohl nicht zu den bekannten Nährstoffgruppen Eiweiß, Fett und Kohlehydrate gehören. Mit der Vitaminfrage scheint u. a. auch der ganze Mineralstoffwechsel des tierischen Organismus eng zusammenzuhängen. Es dürfte dies in erster Linie für das antirachitische Vitamin D gelten. Da man einen gleichen Erfolg auch durch Bestrahlung mit ultravioletttem Licht

erzielen kann, so muß angenommen werden, daß durch die Bestrahlung antirachitisch wirkende Stoffe, also in diesem Falle Vitamin D, erzeugt werden kann. Augenscheinlich wird nach den Angaben A. Windaus beim Bestrahlen der Nahrung aus einer Vorstufe, nämlich einem Provitamin, ein antirachitisches Vitamin erzeugt. Das Provitamin ist an sich unwirksam und wird erst durch die Bestrahlung aktiviert. Den Beweis für die Richtigkeit dieses Gedankenganges hat wiederum die Chemie in Gemeinschaft mit der Physik erbracht. Nach den Untersuchungen von A. Windaus sind die kristallisierten Sterine des Pflanzen- und Tierreiches entgegen der allgemein angenommenen Anschauung nicht das antirachitische Provitamin. Als solches ist nach A. Windaus vielmehr das Ergosterin oder doch wenigstens ein Sterin anzusehen, welches in seinem Absorptionsspektrum und in seinen physiologischen Wirkungen völlig mit dem Ergosterin übereinstimmt. Die Tatsache, daß es durch Bestrahlung mit der Quecksilberquarzlampe gelingt, in zahlreichen pflanzlichen und tierischen Stoffen antirachitisch wirksame Substanzen zu erzeugen, ist deshalb von großer Bedeutung, weil der tierische Organismus als solcher nicht in der Lage ist, selbst Vitamine zu bilden. Auch hier ist das Tier wieder auf die Vegetabilien angewiesen, deren grüne Teile allein die Fähigkeit besitzen dürften, Vitamine zu erzeugen. Dagegen scheint die Bestrahlung mit ultravioletttem Licht gewisse chemische Umlagerungen zu bewirken, wodurch unter bestimmten Voraussetzungen gleichfalls antirachitisch wirkende Stoffe entstehen können. Es sind dies alles Fragen, die für die Ernährung des landwirtschaftlichen Nutztieres von der allergrößten Bedeutung sind. Ihre Lösung wird an das Können und Wissen der chemischen Forschung noch ganz erhebliche Anforderungen stellen.

Aber nicht nur hinsichtlich der Ernährung des Nutztieres einerseits und der Chemie als Wissenschaft andererseits bestehen enge gegenseitige Wechselbeziehungen zueinander, sondern auch in weitem Umfange zwischen der praktischen Fütterung der Haustiere und der chemischen Industrie. Zahlreiche chemisch-technische Gewerbe werden vielfach erst durch Verwertung der in großen Mengen anfallenden Abfallprodukte als Futtermittel rentabel. Es sei hier nur an die verschiedenen Gewerbe der Gärungsindustrie wie Brauerei und Brennerei erinnert. Diese liefern der Landwirtschaft in Malzkeimen, Schlempen und Trebern große Mengen von wertvollen Futterstoffen. Die Wirtschaftlichkeit des Zuckerrübenbaues und der Rübenzuckerfabrikation beruhte bei den niedrigen Rübenpreisen der letzten Jahre nicht zum wenigsten auf den hierbei anfallenden Futterstoffen. Die Verarbeitung der Getreide- und Hülsenfrüchte in der Mülerei zu menschlichen Nahrungszwecken liefert gleichfalls in ihren Abfallprodukten große Mengen wertvoller Nährstoffe für die tierische Ernährung. Bei der Gewinnung von Fetten und Ölen zu technischen und zu Speisezwecken aus ölhaltigen Samen und Früchten fallen die hochverdaulichen und proteinreichen Ölkuchen an, ohne die eine hochentwickelte Viehzucht heute eigentlich undenkbar ist. Von den Futtermitteln tierischer Herkunft sind vor allen Dingen die Molkereiabfälle, die Abfälle der Schlachthöfe und der Seefischerei sowie der Fleischextraktgewinnung zu nennen. Die letztgenannten sind infolge der hohen biologischen Wertigkeit der Eiweißstoffe besonders wertvolle Futtermittel. In bezug auf die praktische Fütterung des Nutztieres liegen die Verhältnisse also so, daß eine ganze Reihe chemisch-technischer Gewerbe erst durch günstige Verwertung

der Abfallstoffe als Futtermittel ihre Produktion erheblich verbilligen kann. Auf der andern Seite kann die Landwirtschaft diese Abfallprodukte als Futtermittel nicht entbehren, wenn das landwirtschaftliche Nutzvieh in sachgemäßer Weise ernährt und die Erzeugung tierischer Produkte so gesteigert werden soll, daß der Nachfrage der heimischen Bevölkerung nach Fleisch, Fett und anderen animalischen Nahrungsstoffen auch nur einigermaßen entsprochen werden kann.

Was die Chemie in bezug auf die tierische Ernährung zu leisten instande sein kann, hat u. a. auch der Weltkrieg gelehrt. Für die Fütterung des landwirtschaftlichen Nutzviehes sind vorwiegend Kohlehydrate und Proteine erforderlich. Was an ersteren in leicht assimilierbarer Form, so als Stärke und Zucker, vorhanden war, mußte in den Zeiten der Not für die menschliche Ernährung reserviert bleiben. Eine der größten Taten, welche die Chemie im Kriege volkswirtschaftlich vollbracht hat, besteht darin, daß es auf chemischem Wege, und zwar durch einen Quellungs Vorgang der Strohrohlfaser, gelang, die an sich schwer verdaulichen Cellulosekomplexe des Strohes wenigstens für den Pflanzenfresser leichter verdaulich zu machen. Diesen Quellungs Vorgang so weit zu treiben, daß bei der chemisch und stofflich so nahen Verwandtschaft von Stärke und Cellulose letztere auch für die menschliche Verdauung zugänglich gemacht werden konnte, hierzu hat unser biochemisches Können bislang leider nicht ausgereicht. Die Aufschließung des Strohes durch Herauslösung der Ligninstoffe und Sprengung der engen Verbindung dieser mit der Cellulose im Sinne einer Erhöhung der Celluloseverdaulichkeit trifft wahrscheinlich nur für den Wiederkäuer zu, in dessen Vormägen durch die dort hausenden zahlreichen Mikroorganismen die Cellulose aufgelöst wird. Wenn der Strohaufschluß ohne Schwierigkeiten durch Einwirkung von basischen Stoffen gelang, eine Aufschließung des Strohes durch Behandeln mit Säuren, wie z. B. Salz- und Schwefelsäure, sich als nicht durchführbar erwies, so ist dies nach E. Beckmann offenbar darauf zurückzuführen, daß zur Spaltung des Lignins mit Säurecharakter wohl eine Base, aber nicht eine Säure geeignet ist. Die Strohaufschließung hat bald nach Kriegsende bei genügender Beschaffung von ausreichenden Mengen kohlehydratreicher Nahrungs- und Futterstoffe vorläufig an praktischer Bedeutung verloren. Es ist bedauerlich, daß dieses Verfahren zum mindesten wissenschaftlich nicht weiter ausgebaut und gefördert wird. In Zeiten der Not infolge von Krieg, Mißernte usw. werden wir immer mehr oder weniger darauf angewiesen sein, die leicht verdaulichen Kohlehydrate wie Stärke und Zucker der menschlichen Ernährung vorzubehalten, für die Fütterung des landwirtschaftlichen Nutzviehes aber auf die Cellulose zurückzugreifen. Die Beschaffung ausreichender Mengen von hochverdaulicher Cellulose in Gestalt von aufgeschlossenem Stroh erscheint aber um so wichtiger, als wir bei der Ernährung und insonderheit bei der Mästung landwirtschaftlicher Nutztiere das Nahrungsfett in weitgehendem Umfange durch Kohlehydrate ersetzen und ersteres daher der menschlichen Ernährung zuweisen können. Die größten Schwierigkeiten hat in den Kriegs- und den ersten Nachkriegsjahren die Beschaffung des so dringend notwendigen Futtereiweißes verursacht. Der Mangel hieran ist noch nach Jahren in den ungenügenden Leistungen des landwirtschaftlichen Nutzviehes zum Ausdruck gekommen. Den Bedarf an Futtereiweiß hat man seinerzeit durch umfangreiche Züchtung von Mineralhefe zu decken versucht. Zur Erzeugung solcher Mineral-

hefe werden als Rohstoffe Melasse oder Zucker bzw. die entsprechenden Stärkemengen, ferner schwefelsaures Ammoniak und Superphosphat benötigt. Die erforderlichen Kohlehydratmengen zu beschaffen, ist die deutsche Landwirtschaft ohne weiteres in der Lage. Die Lieferung des schwefelsauren Ammoniaks und des Superphosphates ist Aufgabe der chemischen Industrie. Vorläufig stößt jedoch eine Herstellung von Mineralhefe in größerem Maßstabe in technischer wie wirtschaftlicher Beziehung scheinbar noch auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Die derzeitigen Verfahren der Mineralhefegewinnung müssen zunächst noch erhebliche Abänderungen und Verbesserungen erfahren, um nicht nur die Erzeugungsmöglichkeiten, sondern auch die ganzen fabrikatorischen Grundlagen des Verfahrens sicherzustellen. Gelingt es aber der chemischen Wissenschaft und Technik, das Problem der Mineralheferzeugung zu lösen, so ist dies auch gleichbedeutend mit der Lösung der ganzen Zuckerfrage und der des Zuckerrübenbaues. Absatzschwierigkeiten für den Zucker dürften dann kaum noch bestehen. Zahlreiche innige Beziehungen bestehen also zwischen Chemie und Landwirtschaft hinsichtlich der eigentlichen Ernährungslehre des tierischen Organismus und der praktischen Fütterung der landwirtschaftlichen Nutztiere. Wenige konnten hier nur herausgegriffen und auch diese nur in großen Umrissen gestreift werden.

Die Erzeugung animalischer und vegetabilischer Nahrungsmittel für die menschliche Ernährung ist die hauptsächlichste Aufgabe der landwirtschaftlichen Produktion. Dem Pflanzenbau kommt hierbei die größte Bedeutung zu. Allein die Pflanze erzeugt auf photosynthetischem Wege unter Einbezug einiger weniger Elemente organische Stoffe in großer Mannigfaltigkeit. So neben den eigentlichen Nährstoffen Eiweiß, Fett und Kohlehydraten noch Alkaloide und Glykoside, Farbstoffe und Harze, Terpene u. dgl. mehr. Aus dem verhältnismäßig minimalen Kohlensäuregehalt der Luft baut die Pflanze geradezu spielend ungeheure Mengen von organischem Material auf. Sogar den elementaren Stickstoff, der als solcher einer der chemisch trügsten Elemente ist, vermögen gewisse Pflanzenfamilien zu assimilieren und zur Bildung von Eiweißkörpern zu verwenden und zu verwerten. Eine reichliche und wirtschaftliche Erzeugung von organischer Substanz zur Ernährung von Menschen und Vieh ist das Ziel des Acker- und Pflanzenbaues. Dieser Vorgang ist ein chemischer Prozeß, welcher sich unter Zuhilfenahme der Bestandteile von Boden, Luft und Wasser in der Pflanze vollzieht. Die Pflanze selbst erweist sich hierbei in ihren aufbauenden Leistungen als ein viel geschickterer Chemiker, als es der Mensch heute noch ist. Letzterer kann nur durch Herbeischaffung und Vermehrung der notwendigen Rohstoffe, durch Verbesserung der Wachstumsbedingungen, durch Abwenden schädigender Einflüsse usw. die Erzeugung organischer Substanz durch die Pflanze fördern. Ackerbau und Chemie sind auf das engste miteinander verbunden. Indem chemisches Können und Wissen die Leistungen des Ackerbaues und der Pflanzenproduktion hoben, schufen sie erst die Möglichkeit, von einer kleineren landwirtschaftlich genutzten Fläche eine zahlreichere Bevölkerung und eine größere Viehhaltung zu ernähren. Ohne die Forschungen der Landwirtschaftschemie und ohne die von der chemischen Industrie geschaffenen Hilfsmittel wäre der neuzeitliche Ackerbau nicht möglich. Ohne sie bestände aber auch keine Aussicht, den Bedürfnissen der Bevölkerung an

Nahrungsstoffen jeder Art in vollem Maße gerecht zu werden. Die Grenzen einer landwirtschaftlichen Produktionssteigerung sind noch lange nicht erreicht. Zu ihrer Erlangung wird man wie bisher so auch erst recht in Zukunft das chemische Forschen und Wissen sowie die chemische Industrie und Technik nicht entbehren

können. Letztere werden sich aber nur auf einer intensiv arbeitenden, kaufkräftigen und zahlungsfähigen Landwirtschaft aufbauen und in großzügiger Weise entwickeln können. So gehören Chemie und Landwirtschaft in technischer, wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Beziehung untrennbar zueinander. [A. 68.]

Fortschritte der landwirtschaftlichen Mikrobiologie.

Von Dr. phil. TRAUGOTT BAUMGÄRTEL.

Privatdozent für Bakteriologie an der Technischen Hochschule München.

(Eingeg. am 6. August 1927.)

Es scheint mir im gegenwärtigen Augenblick noch etwas gewagt zu sein, über die Fortschritte der landwirtschaftlichen Mikrobiologie zu schreiben, wenn ich bedenke, daß dieser junge Forschungszweig bisher noch nicht zur vollen Entfaltung gelangen konnte, obwohl er unaufhörlich emporstrebend immer wieder neue Ansätze zu seiner Entwicklung hervorbrachte. Wenn ich mich hierzu aber dennoch entschieße, um der Aufforderung der Schriftleitung Folge zu leisten, so geschieht es in der festen Überzeugung, daß jene offensichtliche Entwicklungshemmung der landwirtschaftlichen Mikrobiologie — um bei diesem Bilde zu bleiben — keineswegs auf einer inneren Wachstumsstörung beruht, sondern lediglich durch ungünstige Umweltsbedingungen verursacht ist. Ich bin vielmehr überzeugt, daß auch die landwirtschaftliche Mikrobiologie sich zu einem üppigen und fruchtbaren Wissenszweig der Landwirtschaft entfalten könnte, wenn ihre Forschungsmethodik nicht so außerordentlich verwickelt und ihre bisherige Versuchstechnik nicht so lückenvoll wäre.

Wohl am deutlichsten zeigt sich die bisherige Unzulänglichkeit der landwirtschaftlich-mikrobiologischen Untersuchungstechnik bei der Erforschung der Bodenbiologie, da wir trotz aller Bemühungen auch heute noch nicht in der Lage sind, die verschiedenen Bodenmikroben: Bakterien, Sproß- und Fadenpilze, Algen und Protozoen nach Zahl und Art exakt zu bestimmen, geschweige denn ihre vielen stoffwechselphysiologischen Wechselwirkungen klarzulegen, aus deren Summation der Mikrobiokhemismus des Bodens hervorgeht.

Entgegen der ursprünglichen Annahme, die verschiedenen Bodenmikroben — zum mindesten aber doch die Bakterien — nach dem Prinzip des Kochschen Plattengußverfahrens unter Zuhilfenahme von Elektivnährböden auszuählen zu können, strebt man neuerdings nach einer Keimzahlbestimmungsmethode zur sogenannten direkten Auszählung der Keime im mikroskopischen Ausstrichpräparat. Vergleichende Untersuchungen haben nämlich zur Genüge dargetan, daß die im Boden vorhandenen Mikroorganismen, wofern sie sich künstlich überhaupt kultivieren lassen, mit Hilfe der üblichen Kulturmethode zahlenmäßig exakt nicht festzustellen sind. Cum grano salis sind daher alle neueren Zahlenangaben über den Keimgehalt des Bodens als Funktion seiner physikalischen und chemischen Beschaffenheit, seiner Nutzung, sowie der Jahreszeit und des Klimas aufzunehmen. Tatsache ist, daß fruchtbare Ackererden stets weit mehr Mikroben enthalten als dürrtliche Böden, und es ist richtig, daß die Bodenmikroben vorwiegend in den obersten Schichten der Ackerkrume vorkommen, während in tieferen Schichten, besonders im Untergrund, der Keimgehalt rapid abnimmt. Allgemeingültige Zahlenangaben, die gewisse Gesetzmäßigkeiten über die Verteilung und Zusammensetzung der Mikroorganismen im Boden zeigen, lassen sich jedoch nicht machen; viele Beobachtungen sprechen vielmehr dafür, daß die Bodenmikroben nach Zahl und

Art jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind, indem Frühjahrs- und Herbstmaxima mit Sommer- und Winterminima periodisch wechseln. Im Spezialfall mag es ferner zutreffen, daß z. B. Kalkung das Wachstum der stickstoffbindenden Bakterien im Boden fördert, daß die sonst so charakteristische Sommerdepression der Nitrifikationskurve in der Brache ausbleibt, und daß der Anbau von Senf die Entwicklung der Nitrifikationsmikroben auffallend hindert; eine allgemeine und praktische Bedeutung kommt diesen Beobachtungen aber ebensowenig zu wie den jüngsten Feststellungen, daß in der Fruchtfolge auf ein und demselben Feld, beispielsweise beim Anbau von Roggen, Hafer, Gerste, Zuckerrüben, Kartoffeln, Klee und Luzerne Keimunterschiede zwischen 28 und 120 Millionen pro Gramm Boden ermittelt wurden. So fand man eine besondere Keimzahlhöhe beim Anbau von Zuckerrüben, Klee und Luzerne, während unter Gerste und Hafer relativ niedrige Keimzahlen festgestellt wurden. Irgendwelche gesetzmäßige Beziehungen konnten indessen bisher auch hierfür nicht aufgedeckt werden.

Wie die Bestimmung der Keimzahl eines Bodens, so ist naturgemäß auch die Feststellung der in ihm enthaltenen Keimarten wegen der unterschiedlichen Lebensansprüche der verschiedenen Mikrobenarten noch recht lückenhaft. Gerade die landwirtschaftlich wichtigen Mikroben der Stickstoffbindung, der Ammonifikation, der Nitrifikation, der Cellulose- und Pektinzersetzung usw. können mit dem landläufigen Kulturverfahren überhaupt nicht ermittelt werden, so daß zu ihrem Nachweis immer nur mehr oder weniger komplizierte Spezialmethoden angewendet werden müssen. Aber selbst wenn es auf solche Art gelingen könnte, alle im Boden heimischen Mikrobenarten festzustellen, so wäre hiermit wohl ebensowenig erreicht wie mit einer exakten Keimzahlbestimmung, da gerade den im Boden wirksamen Mikroben ein innig verknüpftes Neben- wie Nacheinanderleben eigen ist, und aus diesem Grunde nicht die mannigfachen Einzelleistungen der Bodenmikroben, sondern gerade ihre stoffwechselphysiologischen Gesamtwirkungen von praktischem Wert sind. Unter diesen Gesichtspunkten bedeutet es entschieden einen wesentlichen Fortschritt der bodenbiologischen Forschung, daß neben den vielen Bakterienarten, die am Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphor-, Eisen- und Schwefelkreislauf im Boden beteiligt sind, neuerdings auch die große praktische Bedeutung gewisser Sproß- und Fadenpilze sowie mancher Algen und Protozoen für diese Umsetzungen im Boden klar erkannt und gebührend gewürdigt wird. Besondere Aufmerksamkeit hat man in dieser Hinsicht jüngst den sogenannten Strahlenpilzen (Akinomyzeten) gewidmet, und man hat gefunden, daß diese Mikroben — neben Sproß- und Fadenpilzen — im Kulturboden weitverbreitet sind und hier am Abbau der organischen Substanz lebhaft mitwirken. Über eine besonders reich entwickelte Pilzflora verfügt übrigens