

Fortschritte der Agrikulturchemie seit dem Jahre 1918.

Von Dr. A. JACOB, Berlin.

Vortrag vor der Wissenschaftl. Abteilung des Deutschen Kalisyndikats vom 3. Dezember 1930.

(Eingeg. 24. November 1930.)

Inhalt: I. Bodenkunde. II. Pflanzenphysiologie. III. Düngerlehre. IV. Pflanzenschutz. V. Fütterungslehre.

Die Entwicklung der Agrikulturchemie im letzten Jahrzehnt weist als charakteristischen Zug das Bestreben auf, die Gesetzmäßigkeiten der Vorgänge im Boden und in der Pflanze quantitativ zu erfassen und möglichst durch mathematische Formeln wiederzugeben. Diese Arbeitsrichtung ist vor allem auf den Gebieten der Bodenkunde und der Pflanzenphysiologie erfolgreich gewesen, und wenn vielleicht über die praktische Anwendbarkeit mancher neuer Theorien noch Zweifel bestehen, so haben sie doch als wertvolle Arbeitshypothesen der exakten wissenschaftlichen Forschung aussichtsreiche Wege gewiesen.

I. Bodenkunde.

1. Bildung und Einteilung der Böden (1).

Die bereits in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts von Dokutschajeff aufgestellten Theorien über die Entstehung der Böden, welche besonders die große Bedeutung der klimatischen Faktoren betonten, fanden in der neueren Bodenkunde viel Beachtung. Als erfolgreich erwies sich vor allem die morphologische Betrachtungsweise von Profilen des gewachsenen Bodens, da Farbe und Struktur des Bodens vielfach wertvolle Aufschlüsse über die Gesetzmäßigkeit seiner Entstehung geben.

Man kann grundsätzlich als klimatisch bedingt zwei Bodentypen unterscheiden, nämlich Böden mit überwiegender Verdunstung und Böden mit überwiegenden Niederschlägen. Die Profile der Böden mit überwiegender Verdunstung zeigen zwei Schichten, den A-Horizont, der den eigentlichen Boden darstellt, und den C-Horizont, der durch das unterliegende Muttergestein gebildet wird. Man teilt diese Böden ein in Wüsten- und Steppenböden (Schwarzerde), sowie in die aus Kalkgesteinen entstandenen, gewöhnlich mit dem polnischen Namen „Rendzina“ bezeichneten Böden.

Die Böden feuchter Klimate weisen zwischen dem A-Horizont und dem C-Horizont gewöhnlich noch eine Schicht auf, den B-Horizont, der durch Ausfällung ausgewaschener Teilchen aus dem A-Horizont gebildet wird. Die Hauptvertreter dieses Bodentyps sind im gemäßigten Klima die Waldböden (Podsolböden) und im tropischen Klima die Roterden bzw. Laterite. Zur Theorie der Entstehung der Roterde lieferten Mohr (2), Harrassowitz (3), Eichinger (4), Reifenberg (5) und Vageler (6) interessante Beiträge.

2. Physikalische Eigenschaften der Böden.

Wiegner (7) vervollkommnete die mechanische Bodenanalyse dadurch, daß er die zeitliche Veränderung des spezifischen Gewichtes maß, die eine Aufschämmung von Boden und Wasser erfährt, wenn sich die Bodenteilchen unter dem Einfluß der Schwerkraft allmählich absetzen. Die Verringerung des spezifischen Gewichtes der Aufschämmung erfolgt um so rascher, je größer die Durchmesser der Bodenteilchen sind.

Eine vor allem für die Ausführung von *Serienanalysen* bedeutsame Vereinfachung der mechanischen Bodenanalyse konnten Köhn (8), wie auch Koettgen (9) durch Ausarbeitung von Pipettiermethoden bewerkstelligen.

Zur Kennzeichnung der physikalischen Eigenschaften von Böden wurde auch die *Saugkraft* derselben neuerdings wieder herangezogen, die von Janner (10) in Vervollkommnung früherer Methoden von Mitscherlich-Rodewald durch calorimetrische Messung der Benetzungswärme bestimmt wird.

3. Chemische Eigenschaften der Böden.

Adsorptionskomplex des Bodens. Die *Kolloidfraktion* ist wegen ihrer außerordentlich großen reaktionsfähigen Oberfläche für das chemische Verhalten des Bodens maßgebend. In chemischer Hinsicht stellen die Bodenkolloide Aluminiumsilicate oder Humusstoffe dar. Beide haben die wichtige Fähigkeit der Adsorption. Von den Adsorptionserscheinungen ist besonders der gegenseitige Austausch von Kationen zwischen den Elektrolyten und den an der Oberfläche des Adsorptionskomplexes liegenden Molekülen von Bedeutung.

Dem *mineralischen Teil des Adsorptionskomplexes* schrieb Ganssen (11) die chemische Formel $3\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{RO}$ ($\text{R} = \text{Base}$) zu. Die in diesem Komplex enthaltene Base ist gegen andere Basen bzw. gegen Wasserstoff auswechselbar.

Wiegner vertrat im Gegensatz zu der rein chemischen Auffassung von Ganssen anfänglich einen mehr physikalischen Standpunkt und faßte den Adsorptionskomplex als eine Adsorptionsverbindung eines Gels mit großen inneren Oberflächen auf. Gerade durch die Arbeiten von Wiegner löste sich aber dieser scheinbare Widerspruch, indem sich ergab, daß eine scharfe Trennung zwischen Adsorption, Absorption und chemischer Reaktion nicht möglich ist, sondern daß diese Dispersitätsreaktionen eine Grenzstellung einnehmen, auf welcher sich chemische und physikalische Gedankengänge begegnen.

Kelley (10) zeigte durch Röntgenuntersuchung des kristallinischen Tonminerals Bentonit, daß der Austausch nicht nur an der Oberfläche, sondern durch das ganze Kristallgitter hindurch erfolgt.

Bodenreaktion. Einer der wichtigsten Fortschritte, welche die Agrikulturchemie in der letzten Zeit gemacht hat, ist sicherlich die Erkenntnis der großen Bedeutung, welche der Reaktion des Bodens zukommt. Ein Boden kann *alkalisch* sein, d. h. eine pH-Zahl über 7,0 aufweisen. In derartigen Böden pflegt meist ein Gehalt an kohlensaurem Kalk die Ursache der alkalischen Reaktion zu sein. Nach Wiegner (12) verursacht dieser kohlensaure Kalk die alkalische Reaktion durch Hydrolyse. In destilliertem Wasser würde die dem hydrolytischen Gleichgewicht des CaCO_3 entsprechende

pH -Zahl = 10,23 sein. Im Boden sind die pH -Werte des hydrolytischen Gleichgewichts von CaCO_3 viel geringer, wahrscheinlich, weil hier die Kohlensäure des Bodens die Reaktion beeinflußt. In wässrigeren Auszügen von carbonathaltigen Böden ist die höchste pH -Zahl nach Wiegner etwa bei 8,3 zu finden. Dies dürfte wahrscheinlich auch die obere Grenze der alkalischen Reaktion sein, die in der Natur durch den Kalkgehalt des Bodens bedingt wird.

Eine *neutrale Reaktion* weist ein Boden auf, wenn bereits ein Teil der Basen der Adsorptionskomplexe durch H^+ ersetzt ist, so daß die durch CaCO_3 verursachte alkalische Reaktion dadurch ausgeglichen wird. Die sauren Eigenschaften dieser Adsorptionskomplexe haben praktische Bedeutung aber erst, wenn der Boden noch weitgehender entbast ist; in diesem Falle tritt eine saure Bodenreaktion auf.

Als Ursachen der *sauren Bodenreaktion* könnte man zunächst den Kohlensäuregehalt der Bodenlösung ansehen, der an und für sich eine pH -Zahl von 5 verursachen würde. Da die Wasserstoffionen aber sehr leicht gegen basische Bestandteile der Bodenkolloide eingetauscht werden, kommt Kohlensäure praktisch nicht als Ursache der sauren Reaktion im Boden in Betracht. Als maßgebend für die Reaktion saurer Böden sind vielmehr die Wasserstoffionen der Adsorptionskomplexe selbst zu betrachten. Man hat stets beobachtet, daß die Reaktion von Bodensuspensionen stärker sauer ist als die von filtrierten Bodenlösungen, was Wiegner dadurch erklärt, daß die suspendierten Teilchen in ihren Ionen schwärmen überwiegend H^+ -Ionen enthalten.

Pufferung. Der Verschiebung der Reaktion im Boden stellen sich Widerstände entgegen, die man als Pufferungsvermögen des Bodens bezeichnet. Gründe für die Pufferung können sein: der Gehalt des Bodens an kohlensaurem Kalk; Eintausch der Wasserstoffionen der Bodenlösung in die Zeolithe und Humate des Bodens gegen Kalk und Magnesia; Neutralisation von basischen Bestandteilen der Bodenlösung durch Wasserstoff der Zeolithe und Humate unter Adsorption dieser Basen (13).

Man charakterisiert das Pufferungsvermögen eines Bodens gewöhnlich dadurch, daß man gleiche Bodenmengen mit steigenden Mengen von Säure und Lauge versetzt und in den Filtraten dann den pH -Wert bestimmt. Die Änderung des pH , die durch Zusatz der Säureeinheit bewirkt wird, kennzeichnet nach Arrhenius das *Pufferungsvermögen*.

Jensen verfährt ähnlich, zieht jedoch zum Vergleiche Grundkurven heran, die er durch Behandlung von Seesand mit den entsprechenden Mengen von Säuren und Basen erhält. Er bezeichnet als Maß der Pufferung die Fläche zwischen der Grundkurve und der pH -Kurve des betreffenden Bodens („Pufferfläche“).

Maivald fordert, daß man die wirkliche Konzentration der Wasserstoffionen als Maß der Pufferung betrachtet, und kennzeichnet die Pufferung, indem er angibt, welcher Prozentsatz der ursprünglich vorhandenen Wasserstoffionenkonzentration nach Behandlung mit der Säureeinheit noch vorhanden ist.

Bodenacidität. Mit der landwirtschaftlich besonders wichtigen Frage der sauren Bodenreaktion hat sich vor allem Kappes (14) ausgiebig beschäftigt. Er unterscheidet: hydrolytische Acidität, Austauschacidität, Neutralsalzzersetzung und aktive Acidität. Die hydrolytische Acidität liegt nach ihm vor, wenn ein Boden so weit an Basen verarmt ist, daß die Adsorptionskomplexe desselben Wasserstoffionen enthalten. Ein solcher Boden wird gewöhnlich noch neutral oder gar alkalisch

reagieren. Behandelt man ihn aber mit der Lösung des Salzes einer starken Base und einer schwachen Säure, welches hydrolytisch gespalten ist, so nimmt der Boden im Austausch gegen Wasserstoffionen gewisse Mengen der Base auf und läßt Wasserstoffionen in Lösung treten. Durch Titration des Filtrats der Bodenaufschämmung erhält man ein Maß für die *hydrolytische Acidität*.

Ist die Entbasung des Bodens weiter fortgeschritten, so erhält der Boden die Fähigkeit, auch aus Neutralsalzen Basen im Austausch gegen Wasserstoffionen zu adsorbieren. Dies war bereits von Daikuhara beobachtet worden, der das Sauerwerden neutraler Salzlösungen in Berührung mit Böden auf Adsorptionswirkungen der Bodenkolloide zurückführte. Daikuhara nahm an, daß durch Ionenaustausch Aluminium in die Bodenlösung gedrängt würde, und daß die hydrolytische Spaltung der entstehenden Aluminiumsalze das Sauerwerden der Bodenlösung beim Behandeln mit Neutralsalzen bewirkte. Beim wiederholten Ausschütteln des Bodens mit Chlorkaliumlösung erreichte Daikuhara schließlich einen Endwert der Austauschacidität. Empirisch ergab sich dabei die Regel, daß man als Gesamtacidität den 3,5fachen Betrag annehmen kann, den die Titration nach eintägiger Berührung der Chlorkaliumlösung mit dem Boden ergibt. Die *Austauschacidität* tritt gewöhnlich erst bei höheren Werten der hydrolytischen Acidität ein und ist von einer Abnahme der pH -Zahl und der Pufferfläche begleitet. Den Ursprung der Austauschacidität erblickten Kappes und Trénel darin, daß durch die Neutralsalze Aluminium aus dem Boden verdrängt werde, welches hydrolytisch gespalten wird. Page, Hissink, Raman und Wiegner nahmen dagegen an, die hydrolytische Acidität sei von der Austauschacidität nur graduell verschieden, und der H^+ -Gehalt des Bodens bilde die Ursache. Das Auftreten von Aluminiumsalzen, welches man bei der Austauschacidität stets beobachtet, erklärten diese Forscher durch nachträgliche Auflösung des Aluminiums. Eine Entscheidung brachte schließlich Kappes auf dem von Mattson und Bradfield angegebenen Wege der Elektrodialyse. Durch Versuche an Permutiten konnte er nachweisen, daß beim Permutit tatsächlich das Wasserstoffion die ausschließliche Ursache der Austauschacidität war, so daß anzunehmen ist, daß im Boden neben dem Eintritt vom Al-Ion in die Bodenlösung auch die Wasserstoffionen der Adsorptionskomplexe als Ursachen der Austauschacidität anzusehen sind.

Bei der *Neutralsalzzersetzung* handelt es sich um die Zersetzung von Neutralsalzen durch die Humussäuren des Bodens, wobei von diesen äquivalente Basenmengen abgebunden werden. Kappes neigt trotz mancher Unterschiede zwischen Neutralsalzzersetzung und den anderen Aciditätsformen zu der Ansicht, daß auch die Neutralsalzzersetzung ein Wasserstoffionenaustausch ist. Er empfiehlt aber die Beibehaltung dieses Begriffes aus dem Grunde, weil die Neutralsalzzersetzung infolge der fehlenden Pufferung durch Auflösung von Aluminium sofort zu einer stärkeren Verschiebung der Bodenreaktion führt.

Eine *aktive Acidität*, das Auftreten von Wasserstoffionen in der Bodenlösung, ist nur auf Böden mit einem besonders hohen Gehalt an Rohhumus bzw. auf stark salzhaltigen Böden bemerkt worden. Für Kulturböden hat sie praktisch keine Bedeutung.

Eintausch, Austausch und Umtausch der Ionen. Die Eintausch- und Austauschfähigkeiten der verschiedenen Ionen sind verschieden; auch vollzieht sich der Umtausch nicht immer in genau stöchiometri-

schen Verhältnissen. Nach Wiegner (15) und Jenny ist der Eintausch abhängig von der Konzentration der elektrischen Ladung, — so daß also höherwertige Ionen stärker eintauschen —, ferner von der Hydratation der Ionen, — je kleiner die Wasserhülle der Ionen ist, desto stärker ist ihre Eintauschfähigkeit. Diese Zusammenhänge ließen sich nachweisen durch den Einfluß, welchen ein die Hydratation vermindernder Alkoholzusatz auf das Eintauschvermögen ausübt.

Die *Austauschfähigkeit* hängt von der Art der Bindung der adsorbierten Ionen ab, ferner von Wechselwirkungen zwischen den nicht austauschbaren adsorbierten Anionen und den auszutauschenden Kationen, die durch das Verhältnis der Attraktionsenergie dieser Anionen zur Hydratationsenergie der auszutauschenden Kationen bestimmt werden.

Der *Umtausch der Ionen* strebt ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Austausch und Eintausch der Kationen an. Maßgebend ist dabei, wie schon Ganzen fand und auch Wiegner bestätigte, nur das Verhältnis der Mengen der Kationen im Adsorptionskomplex und in der Lösung, nicht aber die Konzentration der Lösung.

Sättigungsgrad der Böden. Die Sättigung der Adsorptionskräfte des Bodens für Basen bestimmte Hissink (16), indem er eine Bodenprobe mit einem großen Überschuß normaler Chlornatriumlösung auswusch. Er nahm an, daß durch dieses Auswaschen der leicht verdrängbare adsorptiv gebundene Kalk aus dem Boden in die Auswaschflüssigkeit übergegangen sei, die aber neben dem aus dem Adsorptionskomplex verdrängten Kalk außerdem noch eine gewisse Menge Kalk enthält, die durch Umsetzung mit dem Calciumcarbonat des Bodens in Lösung gebracht worden ist. Wird der Boden nochmals mit der gleichen Menge Chlornatriumlösung ausgewaschen, so geht nur noch der durch Umsetzung mit CaCO_3 entstandene Kalk in Lösung. Man findet daher die Menge des adsorbierten Kalkes als Differenz der Kalkbestimmungen aus dem ersten und zweiten Filtrat. In ähnlicher Weise kann nach Hissink die Gesamtmenge der adsorbierten Basen bestimmt werden, indem man Ammonchlorid zum Auswaschen benutzt. Die Menge der austauschbaren Basen, die in einem Boden in adsorptiv gebundener Form vorhanden sind, bezeichnet Hissink mit „S“.

Kelley und Gedroiz (17) bestimmen ebenfalls „S“ durch Auswaschen mit Chlorammonium.

Gedroiz benutzt ferner zum Auswaschen der adsorbierten Basen 0,05-n-HCl-Lösung, von der er annimmt, daß sie das Bodengerüst nicht chemisch angreift; er wäscht den Boden mehrmalig aus, bis im Filtrat die letzten Spuren von Calcium verschwunden sind. Bobko und Askinasi (18) waschen den Boden mit Bariumchlorid aus, bis im Filtrat die Calciumreaktion verschwunden ist. Dann wird der Boden mit Wasser gewaschen bis zum Verschwinden der Bariumreaktion und das vom Boden aufgenommene Barium bestimmt. Kappes erhebt gegen die Methode den Einwand, daß sich auch CaCO_3 mit dem Bariumchlorid umsetzt.

Kappes bestimmt den Wert S auf dem Wege der vollständigen Neutralisation des Bodens mit einer Säure von solcher Konzentration, daß sie nur die austauschfähigen Basen aus dem Boden herauslässt, nicht aber imstande ist, den Bodenkomplex selbst anzugreifen. $1/10$ -n-Salzsäure erwies sich hierzu als geeignet.

Neben der Bestimmung von S ist zur Kennzeichnung des Sättigungszustandes der Böden noch die Bestimmung der Menge an Basen nötig, welche der Boden

überhaupt im Höchtfalle absättigen kann; dieser Wert wird gewöhnlich als „T“ bezeichnet. Für einen gesättigten Boden ist natürlich $T = S$.

Hissink bestimmt den Wert von T, indem er gleiche Bodenmengen mit steigenden Mengen von Barytwasser versetzt. Die Filtrate titriert er zwecks Bestimmung der vom Boden zurückgehaltenen Ba-Mengen. In einer graphischen Darstellung trägt er die zugesetzten Mengen von Baryt als Abszissen auf, die in Lösung verbliebenen Mengen als Ordinaten. Sobald der Boden gesättigt ist, entspricht die zugesetzte Barytmenge der in Lösung bleibenden, und die Kurve geht in die sogenannte Barytgerade über. Die Verlängerung dieser Barytgeraden schneidet die Abszisse in einem Punkte, dessen Entfernung vom Koordinatenanfangspunkte der Größe $T - S$ entspricht. Die totale Sättigung berechnet Hissink nach der Formel $T = (T - S) + S$. Der Sättigungsgrad V ergibt sich dann zu $V = \frac{100 \cdot S}{T}$.

Gehring-Wehrmann (19) haben die Methode Hissink in einer besonders für die *Bestimmung des Kalkbedarfs* geeigneten Weise abgeändert. Sie bestimmen zunächst den Wert von S nach Hissink. Den Wert von T bestimmen sie dann aber an der gleichen Bodenprobe, indem sie den Boden mit Kalkwasser sättigen und den nicht gebundenen Überschuß an Kalk durch Behandeln mit Kohlensäure in Carbonat überführen. Aus dem vollständig gesättigten Boden verdrängen sie wieder nach der Methode von Hissink den Kalk und bestimmen auf diese Weise T direkt.

Kappes schlägt neuerdings eine *vereinfachte Methode zur Bestimmung von T* mit Hilfe der hydrolytischen Acidität und der absoluten Neutralisationskraft des Bodens vor. Ist der Boden an Basen verarmt und sind Wasserstoffionen an Stelle von Kationen des Adsorptionskomplexes getreten, so entstehen im Boden freie Aluminokieselsäuren. Aus diesen ist das Wasserstoffion dadurch zu verdrängen, daß man freie Basen bzw. hydrolytisch gespaltene Salze von schwachen Säuren einwirken läßt. Die hydrolytische Acidität gibt daher in ihrer Gesamtheit ein Maß für die Differenz $T - S$. Durch Nachprüfung der Daikuhara'schen Angaben, fand Kappes bestätigt, daß der Wert $T - S$, welcher der vollständigen Sättigung entspricht, ungefähr dem dreifachen Werte der durch einmalige Titration bestimmten hydrolytischen Acidität entspricht. Da die absolute Neutralisation den Wert S ergibt, läßt sich T wieder als Summe beider Größen ermitteln.

Vageler (20) legt besonderen Nachdruck auf die Feststellung, daß der *Grenzwert S der Sättigung* erst bei Behandlung des Bodens mit unendlichen Mengen von austauschenden Ionen erreicht wird. Er versucht diesen Grenzwert auf dem Wege zu ermitteln, daß er die Anlagerungskurven der einzelnen Ionen funktionell bestimmt. Er fand, daß die Anlagerung sich durch folgende Hyperbelformel gut wiedergeben läßt:

$$y = \frac{x \cdot S}{x + q \cdot S}$$

worin y = sorbierte Menge, x = zugesetzte Menge, S = Grenzwert der Sorption, q = Konstante ist.

Da sich diese Formel durch Einsetzung reziproker Werte in die Gleichung einer Geraden überführen läßt, ist eine genaue graphische Kontrolle der analytisch gefundenen Werte möglich. Um den Grenzwert von S zu bestimmen, genügt es, wenn zwei Proben eines Bodens mit verschiedenen Mengen x_1 und x_2 eines Verdrängungsmittels behandelt werden, also z. B. mit 500 cm^3 und mit 1000 cm^3 $n/_{20}$ -Salzsäure. Durch Titration des

Filtrats erhält man zwei Werte von y , so daß man S und q und damit den Verlauf der ganzen Kurve ohne weiteres rechnerisch ermitteln kann.

Die Grenzwerte der hydrolytischen Acidität bestimmt V a g e l e r entsprechend durch Behandeln des Bodens mit Acetat. Durch Addition dieses Wertes zu S wird T ermittelt.

Die Materialkonstante q bezeichnet V a g e l e r als Sorptionsmodul. Diese Größe bestimmt die Form der Adsorptionskurve, denn je kleiner q wird, desto steiler verläuft die Kurve, und um so schneller wird der Grenzwert der Verdrängung erreicht, d. h. desto weniger fest ist das verdrängte Ion vom Boden gebunden.

Z u s a m m e n s e t z u n g d e s S o r p t i o n s k o m p l e x e s. Durch Behandeln von 100 g Boden mit einer Lösung, welche $q \cdot Sg\text{ NH}_4\text{Cl}$ enthält, werden nach V a g e l e r etwa 95—98% der adsorptiv gebundenen Basen verdrängt. Bei der Analyse dieser Lösung findet man aber stets einen höheren Wert, als dem berechneten Wert S entspricht, weil in der Lösung auch die in der Bodenlösung enthaltenen Basen auftreten, gegebenen Falles auch ein Teil des CaCO_3 , der sich mit der angewandten NH_4Cl -Lösung umgesetzt hat.

Für die Beurteilung des Nährstoffgehaltes eines Bodens kommt es nicht in erster Linie auf den absoluten Gehalt an den einzelnen Basen an, sondern vielmehr auf die Zusammensetzung des Sorptionskomplexes. Sobald z. B. im Sorptionskomplex das Na das K überwiegt, wird der Boden nur Na' in die Bodenlösung schicken, das K' dagegen festhalten.

Aus der Sorptionskurve läßt sich ferner die Z u s a m m e n s e t z u n g d e r B o d e n l ö s u n g berechnen, wenn durch die Düngemittel dem Boden Basen zugeführt werden. Der in Lösung bleibende Rest R berechnet sich nach der Formel:

$$R = x - y = x \left(\frac{1 - S}{x + qS} \right).$$

Der Sorptionsmodul q ist also hauptsächlich bestimmd dafür, welcher Prozentsatz eines Düngemittels im Boden festgelegt wird. In ähnlicher Weise kennzeichnet q auf ariden Böden die Versalzungsgefahr, welche fast ausschließlich durch den Na-Gehalt des Bodens bewirkt wird.

O r g a n i s c h e B o d e n b e s t a n d t e i l e. Auf die Bedeutung der unter dem Namen Humus zusammengefaßten organischen Bodenkolloide wurde bereits bei der Besprechung der Bodenreaktion hingewiesen. Auch die Bearbeitung dieses Gebietes hat im letzten Jahrzehnt wesentliche Fortschritte gemacht. Daß die *Humusbestandteile des Bodens von saurer Natur* sind, war von G u l l y-B a u m a n n nicht als chemischer Vorgang, sondern als reine Adsorptionserscheinung aufgefaßt worden. T a c k e-Sücht i n g hatten dagegen das Vorhandensein von Humussäuren angenommen. Die Richtigkeit der letzteren Auffassung wurde durch S v e n O d é n nachgewiesen, dem es gelang, das Bestehen einer vierbasigen *Humussäure* zu zeigen.

Über die Natur der *Humusbildung* und über die Gesetzmäßigkeit der zum Auftreten von Humus führenden Vorgänge arbeiteten u. a. W a k s m a n (21) und L e m m e r m a n n (22). W a k s m a n wies nach, daß sich der Humus nicht aus der Cellulose der Pflanzenreste bildet, sondern daß Ligninsubstanzen und Pentosane das hauptsächliche Ausgangsmaterial sind, während die Zersetzung der Cellulose die notwendige Energie für die Bakterientätigkeit liefert. Die Reste der Bakterien finden sich in dem stickstoffhaltigen Teil des Humus wieder, das Verhältnis von Stickstoff zu Humuskohlen-

stoff schwankt dabei in ziemlich engen Grenzen um Werte von 1 : 10 bis 1 : 12.

J e n n y (23) untersuchte die *Abhängigkeit der Humusbildung von der Temperatur und Befeuchtung*, wobei ihm in den Vereinigten Staaten das Vorhandensein breiter westöstlicher Streifen von gleicher Temperatur und nord-südlicher Streifen von gleicher Befeuchtung die Möglichkeit gab, den Einfluß beider Faktoren getrennt zu studieren. Den Einfluß der Temperatur konnte er durch eine Exponentialfunktion wiedergeben, den der Befeuchtung durch eine logarithmische Kurve.

B o d e n b i o l o g i e. Die Biologie des Bodens griff in letzter Zeit mehr und mehr das Problem an, das Verhalten der Bodenbakterien unter den natürlichen Verhältnissen ihres Vorkommens zu studieren. W i n o g r a d s k y (24) wies auf den großen Unterschied hin, der zwischen dem Verhalten der Bodenbakterien in Reinkulturen und ihrer Tätigkeit im Boden besteht, wo sie sich unter der Konkurrenz anderer Lebewesen oft in ganz anderem Sinne entwickeln müssen. Auf dem Wege der Bakterienzählung im Boden konnte W i n o g r a d s k y feststellen, daß das Auftreten aerober Bakterien, wie Azotobakter, die unterhalb einer gewissen Sauerstoffgrenze nicht mehr existieren können, und anaerober Arten, wie Clostridium, die auch unterhalb dieser Grenze leben, abhängig ist von dem Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältnis im Boden. Als sehr aussichtsreich sieht W i n o g r a d s k y die Untersuchung der Böden in bezug auf ihre stickstoffbindende Tätigkeit an. Über die *stickstoff-sammelnden Bakterien* liegt bereits eine ganze Anzahl von Untersuchungen vor; bis jetzt ist indes noch keine Antwort auf die Frage möglich, auf welchem Wege es diesen Kleinlebewesen möglich ist, einen so tragen Stoff wie den Stickstoff zur Reaktion zu bringen, und wie groß die Energie ist, die bei der Bindung des Stickstoffs aufgewandt werden muß. S t o k l a s a (25) und andere weisen auf die Bedeutung hin, die eine genügende Phosphorsäure- und Kaliversorgung des Bodens für die Tätigkeit der Bakterien hat.

II. Pflanzenphysiologie.

1. Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren.

Für die Entwicklung unserer Anschauungen über die Gesetzmäßigkeiten, welche das Leben der Pflanze beherrschen, erwies sich der kühne Schritt als besonders fruchtbar, den M i t s c h e r l i c h (26) mit der Aufstellung seines Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren vollzog. Bei Untersuchungen über die Wirkung einer steigenden Nährstoffzufuhr auf den Ertrag ergab sich folgende Formel:

$$\frac{dy}{dx} = c(A - y)$$

Darin ist A der Höchstertrag, bis zu dem unter den herrschenden Umständen der Ertrag durch Zufuhr des betreffenden Nährstoffs überhaupt gesteigert werden kann; y ist der Ertrag bei einem Nährstoffvorrat x . Das Gesetz besagt also, daß die Ertragssteigerung dy , welche die Zufuhr einer kleinen Nährstoffmenge dx bewirkt, dem Abstand proportional ist, den der bei dem Nährstoffvorrat x erzielte Ertrag y vom Höchstertrag A hat. Wird durch Verbesserung der anderen Wachstumsfaktoren der erreichbare Höchstertrag A erhöht, so erhöht sich auch der bei dem Nährstoffvorrat x erzielbare Ertrag y .

Integriert lautet die Gleichung:

$$y = A(1 - e^{-cx}).$$

M i t s c h e r l i c h nimmt an, daß der Faktor c für jeden Nährstoff unveränderlich ist, und belegt dies durch Er-

gebnisse zahlreicher von ihm durchgeföhrter Gefäßversuche.

Die *Angriffe gegen das Mitscherlichsche Gesetz* richteten sich hauptsächlich gegen diese Annahme. Lemmermann, Gerlach (27), Rippel (28) und Meyer fanden diesen Faktor bei ihren Versuchen nicht konstant, sondern je nach der Anwesenheit anderer Wachstumsfaktoren veränderlich. Nolte (29) wendet gegen die Formulierung von Mitscherlich ein, es komme überhaupt nicht auf die absolute Menge der einzelnen Nährstoffe an, sondern der Ertrag sei dadurch maßgebend bestimmt, daß zwischen sämtlichen Wachstumsfaktoren das richtige Verhältnis herrsche. So beobachtete er z. B., daß bei einer geringen Kaliversorgung die Höchstwirkung des Stickstoffs bei einer verhältnismäßig niedrigen Stickstoffgabe erreicht war und höhere Gaben dann ertragsvermindernd wirkten. Wurde aber die Versorgung mit Kali erhöht, so wirkte auch diese höhere Stickstoffgabe nicht mehr ertragsdrückend, sondern ertragssteigernd. Nolte stellte auf Grund dieser Erscheinung die *Forde rung der Harmonie der Nährstoffe* auf.

Mitscherlich (30) begegnete den Einwänden durch eine *Erweiterung seines Gesetzes*, in welcher er auch zum Ausdruck brachte, daß jeder Nährstoff neben seiner Nährstoffwirkung auch eine schädigende Wirkung ausübt. Das Gesetz lautet in seiner erweiterten Form wie folgt:

$$y = A (1 - e^{-cx}) e^{kx^2}$$

Der Schädigungsfaktor k ist nicht konstant, sondern wird durch die Art des Düngemittels, des Bodens, sowie durch klimatische Faktoren dauernd beeinflußt. Wenn daher in dem von Nolte erörterten Falle bei geringeren Kalimengen die Depression durch Stickstoffgaben früher eintritt als bei höheren Kaligaben, so liegt dies nach Mitscherlich an der Veränderlichkeit von k , nicht aber an der Inkonstanz des Wirkungsfaktors c .

Rippel und Meyer (31) haben auch gegen die erweiterte Form des Gesetzes grundsätzliche Bedenken. Meyer wies darauf hin, daß die Gesetzmäßigkeiten für die Teilerträge (z. B. Korn, Stroh, Wurzeln) andere sind als für die Gesamterträge. Rippel zieht die Folgerung, daß ein allgemeines Ertragsgesetz nicht besteht, und daß sowohl die einzelnen Wachstumsfaktoren ihre besondere Wirkung zeigen, als auch die einzelnen Pflanzenorgane und Pflanzenarten verschieden reagieren. Er fordert daher den Ausbau einer speziellen Stoffwechselphysiologie der Kulturpflanzen, um das *Mitscherlichsche Gesetz*, dessen praktische Bedeutung er anerkennt, weiter auszubauen.

2. Licht und Kaliwirkung.

Über die wichtigste Lebenstätigkeit der Pflanze, die Assimilation der Kohlehydrate, liegen Beobachtungen vor, bei denen hauptsächlich das Zusammenwirken des Lichtes mit der Nährstoffversorgung geprüft wurde. Russell (32) beobachtete, daß die Kaliwirkung in Jahren mit wenig Sonnenscheinstunden relativ stärker war, daß es also den Anschein hatte, als ob Kali dann den Mangel an Sonnenschein ausgleichen könnte. Jacob (33) erörterte die Frage, ob diese Wirkung des Kalis mit dem photoelektrischen Effekt des Kaliums im Zusammenhang steht. Versuche von Lemmermann (34) konnten einen Zusammenhang zwischen Wirkung des Kalis und Belichtung nicht nachweisen. Versuche von Domontowitsch (35) sprechen indessen für einen gewissen Zusammenhang zwischen der Wirkung des Kalis und der Lichtwirkung, da das Kali bei diesen Versuchen bei einem Vergleich der Erntesteigerungen, welche die An-

wendung der verschiedenen Nährstoffe im Dunkeln und im Licht bewirkte, eine Sonderstellung einnimmt.

3. Stickstoffernährung der Pflanze.

Wertvolle Beiträge zur Klärung der Frage des Stickstoffumsatzes in der grünen Pflanze hat Klein (36) geliefert. Er stellt fest, daß *NH₃ die einzige Stickstoffform ist, welche die Pflanze verarbeitet*, und zwar wahrscheinlich über den Weg der Aminosäuren zu Eiweiß. Der Abbau von Eiweiß führt wieder zu Ammoniak, welches durch Bildung neuer Aminosäuren entgiftet wird; durch Aminoabbau entsteht auch Harnstoff in Form von Ureiden.

Das wechselnde Verhältnis zwischen der *Wirkung von Ammoniakstickstoff und von Nitratstickstoff* wurde von Priani schnikoff (37) und Paul Wagner durch die Beeinflussung der Bodenreaktion erklärt. Sie führten die beobachteten Fälle einer Unterlegenheit des Ammoniakstickstoffs darauf zurück, daß die Ammoniaksalze dem Nährmedium eine saure Reaktion verleihen, und fanden, daß bei Neutralisation der Nährlösung durch Kreide Ammoniakstickstoff ebensogut wirkt wie Nitratstickstoff. Priani schnikoff schlug sogar vor, die bei der Aufnahme von schwefelsaurem Ammoniak entstehende Säure zum Aufschluß der Rohphosphate des Bodens zu verwenden. Vergleichende Düngungsversuche über die Wirkung von Ammoniak- und Nitratstickstoff ergaben daher je nach der Bodenreaktion eine verschiedene Bewertung der beiden Stickstoffformen.

Zu einer anderen Anschaug kam Mevius (38), der das Auftreten von Eisenmangelchlorose benutzte, um durch Reaktionsänderung verursachte Schäden zu erkennen. Mevius fand, daß in gepufferten Lösungen bei völligem Ausschluß von Schädigungen durch Reaktionsänderungen Ammoniumchlorid Schädigungen bewirkte. Er führte dies darauf zurück, daß durch Hydrolyse von Ammoniumchlorid sich Ammoniak bildet, das bei dem leichten Eindringen dieses Ions eine Reaktionsänderung des Zellsaftes hervorrufen kann.

4. Anorganische Bestandteile der Pflanze.

Was die Rolle der anorganischen Nährstoffe im Leben der Pflanze betrifft, so wurde viel gearbeitet über die Wechselwirkungen verschiedener Nährstoffe.

Rößler und Gehring (39) fanden, daß auf austauschsauren Böden eine *Düngung mit Magnesiumsalzen* überraschend gute Erfolge hatte. Rößler sucht die Erklärung dafür in einer durch Bildung von MgHPO₄ bewirkten Erleichterung der Phosphorsäureaufnahme auf diesen Böden, Gehring nimmt einen Magnesiummangel in denselben an, Kappen vermutet einen Antagonismus zwischen Magnesium- und Wasserstoffionen.

Einen *Antagonismus* zwischen Kali und Eisen nimmt Hoffer (40) an und benutzt ihn für die Bestimmung des Kalibedarfs, Ehrenberg (41) wies auf Beziehungen zwischen Kalk und Kali sowie Kali und Natron hin, Lemmermann (42) auf solche von Phosphorsäure zu Kieselsäure.

Eckstein berichtete über umfassende *Versuche zur Vergleichung der Wirkung sämtlicher Ionen der Kalirohsalze*. Während Natrium- und Chlorion bei diesen Versuchen sich nur ausnahmsweise als nützlich erwiesen, trat eine günstige Magnesiumwirkung besonders dann hervor, wenn Magnesiumion und Sulfation gleichzeitig zugeführt wurden. Dies wurde neuerdings durch Feldversuche von Dix (43) bestätigt. Jacob (44) verglich die Wirkung von Kalisalpeter mit derjenigen eines Gemisches von Chlorkalium und Natronsalpeter und konnte nachweisen, daß in manchen Fällen die raschere

Aufnahme der ballastfreien Nährstoffe des Kalisalpeters von Vorteil war.

Von den Stoffen, die zwar nicht als eigentliche Pflanzennährstoffe angesehen werden, aber doch wenigstens in kleinen Mengen in der Pflanze vorhanden sein müssen, fand das *Jod* deswegen eine gewisse Beachtung, weil man annahm, der Ersatz des jodhaltigen Chilesalpeters durch die jodfreien synthetischen Stickstoffdünger bewirke eine Jodverarmung unserer Ernteprodukte, die zu einer Zunahme der Kropfbildung führe. Untersuchungen über diese Frage wurden von Dorell (45), Scharrer (46) sowie Gauß und Gräßbach (47) angestellt. Das Ergebnis war, daß man bei Anerkennung der Bedeutung des Jodes für die menschliche und tierische Ernährung doch zu einer Joddüngung wirtschaftlich nicht raten kann. Eckstein (48) wies darauf hin, der nach Fellenberg feststellbare geringe Jodgehalt der Kalirohsalze und des Superphosphats sei schon genügend, um eine unzulässige Jodverarmung unserer Ernte zu verhindern.

5. Stimulationswirkungen.

Reizwirkungen wurden in den Arbeiten von Popoff (49) und Gleisberg über *Zellstimulation* behandelt. Popoff zeigte, daß das Behandeln der Saat mit verdünnten Lösungen von verschiedenen Salzen, z. B. Magnesiumsulfat, Magnesiumchlorid, Kupfersulfat und Uspulun, auf die Wachstumsenergie der Keimpflanzen günstig einwirkt. Eine allgemein praktische Bedeutung konnte die Zellstimulation trotz vereinzelter Erfolge nicht gewinnen. Nach den Untersuchungen von Gaßner wird bei der Einwirkung von Blausäure das Protoplasma in stimulierendem Sinne beeinflußt; das Verfahren hat Anwendung zum Treiben von Flieder in Gewächshäusern gefunden.

III. Düngerlehre.

1. Organische Düngemittel.

Stallmistpflege. Die zunehmende Anwendung der Kunstdünger hat der Wichtigkeit der Stallmistpflege keinen Abbruch getan, da man den Wert dieses Düngemittels nicht mehr in erster Linie in der Nährstoffzufuhr sieht, die es bewirkt, sondern in der Anreicherung des Bodens an Humus. Eine Verbesserung der Gärung des Stallmistes wird durch das Verfahren von Krantz, die Herstellung von sogenanntem *Edelmist*, bezieht. Nach diesem Verfahren wird der anfallende Mist in siloartigen Gärstätten einer genau kontrollierten Gärung bei erhöhter Temperatur unterworfen (50).

Künstlicher Stallmist. Der Mangel an Stallmist in großen Getreidewirtschaften, die vielschwach betrieben werden, legte den Gedanken nahe, das *Stroh unmittelbar für Düngzwecke* zu verwerten. Wie Lemermann (22) nachwies, scheitert die Verwendung frischer Pflanzensubstanz als Dünger aber daran, daß das Verhältnis Stickstoff zu Kohlenstoff ungünstig ist, und daß bei der Gärung die Stickstoffwirkung dadurch verringert wird, daß Stickstoff von den Bakterien festgelegt wird. In der Vermeidung dieser Verluste liegt die Bedeutung des *Verfahrens von Lawes, Rothamsted*, bei welchem Stroh und andere organische Abfälle unter Beimengung von Adcopulver drei bis vier Monate lang einem Gärprozeß unterworfen werden (51). Mit der künstlichen Stallmisterzeugung hat sich mit gutem Erfolg auch Lemermann beschäftigt, welcher gehäckseltes Stroh anfeuchtet und unter Zusatz von Harnstofflösung einem dreimonatigen Gärprozeß unterwirft. Der so gewonnene künstliche Stalldung ist in seiner Zusammensetzung und Wirkung dem natürlichen Stalldung sehr ähnlich.

Die Erkenntnis der großen Bedeutung des Humus regte auch dazu an, den *Humusgehalt von Torf und Braunkohle* für Düngzwecke zu verwerten; die in dieser Richtung angestellten Versuche hatten aber bisher kein praktisches Ergebnis. Nach Reinau beruht ein guter Teil der Wirkung des Humus auf der Entwicklung von Kohlensäure, da der Kohlensäuregehalt der Luft nach Ansicht von Reinau nicht immer für Höchsterträge ausreichend ist. Die vorgeschlagene *Feldbegasung mit Kohlensäure* hatte aber, wie Lemermann feststellte, keinen Erfolg. Das *Oxoverfahren* von Reinau ist dagegen bedeutungsvoll geworden, um Gewächshäuser mit Kohlensäure anzureichern.

2. Kunstdüngererzeugung.

Die wichtigste Rolle unter den Fortschritten auf dem Gebiete der Kunstdüngererzeugung nimmt die Herstellung von *synthetischen Stickstoffdüngern* ein, die durch die während des Krieges vervollkommenen technische Auswertung des Verfahrens von Haber-Bosch ermöglicht wurde. Neben dem Haberschen Verfahren werden, vor allem im Auslande, noch verschiedene andere Verfahren praktisch durchgeführt, die aber im wesentlichen nur Modifikationen des Haberschen Verfahrens mit veränderten Katalysatoren und Drucken sind. Maßgebend für die Rentabilität der Erzeugung von Stickstoffdüngern dürfte hauptsächlich das Problem sein, reinen Wasserstoff zu erzeugen. Neben dem schwefelsauren *Ammoniak*, welches bisher der Hauptvertreter der synthetischen Stickstoffdünger war, sind zu erwähnen einerseits der Harnstoff als besonders konzentrierter Stickstoffdünger, andererseits eine Reihe von Düngemitteln, welche den Stickstoff, dem Wunsche der Landwirtschaft entsprechend, auch in der Nitratform enthalten, z. B. der Ammonsulfatsalpeter, der Kali ammonsalpeter, der Kalkammonsalpeter und der Kalksalpeter. Die Lösung des Problems, Chlorammonium für Düngzwecke brauchbar zu machen, wird mit der Darstellung von Kalkammon, einem Gemisch von Calciumcarbonat und Ammoniumchlorid, angestrebt.

Auf dem Gebiete der *Phosphorsäuredünger* haben die alten Düngemittel Superphosphat und Thomasmehl gegenüber den Ersatzprodukten, die in der Kriegszeit hergestellt wurden, ihre Stellung behauptet. Von diesen ist praktisch lediglich das Rhenaniaphosphat bestehen geblieben. In der Darstellung der reinen Phosphorsäure für Düngzwecke sind Fortschritte hauptsächlich auf dem Wege gemacht worden, daß aus Rohphosphaten durch Aufschmelzen mit Kieselsäure und Kohle der Phosphor reduziert und der dampfförmig entweichende Phosphor mit Wasserdampf zu Phosphorsäure oxydiert wird. Auch die Gewinnung von Phosphorsäure auf nassem Wege wird technisch durchgeführt.

Dank der Rationalisierung der Kaliindustrie konnte die *Herstellung konzentrierter Kalisalze* eine große Ausdehnung erfahren und den Anforderungen der Landwirtschaft entsprochen werden, die mehr und mehr von der Verwendung niedrigprozentiger Rohsalze zu der von hochprozentigen Kalisalzen übergeht (52).

Mischdünger. Dies Bestreben der Landwirtschaft, Ballaststoffe zu vermeiden, hat auch zu Fortschritten auf dem Gebiete hochprozentiger Mischdünger geführt, unter denen die verschiedenen Sorten *Nitrophoska* zu erwähnen sind (53). Als Komponenten für derartige hochkonzentrierte Mischdünger kommen verschiedene ballastfreie Düngemittel mit mehreren Nährstoffen in Betracht.

Die Darstellung der reinen Phosphorsäure ermöglichte die Herstellung von *Diammonphospat*,

welches als Stickstoff-Phosphorsäure-Träger für Mischdünger von Wert ist.

Die Herstellung von *Kalisalpeter* nach einem verbilligten Verfahren ermöglichte die Verwendung dieses wertvollen, nur aus wirksamen Pflanzennährstoffen bestehenden Salzes für Düngezwecke. Das Verfahren dient auch zur Herstellung des ebenfalls als Kali-Stickstoff-Dünger beachtlichen *Kalinatronsalpeters*.

Wenn sich auch durch derartige technische Fortschritte die Verwendung von Mischdüngern stark ausgebreit hat, bleibt doch die individuelle Düngung, die dem Nährstoffbedarf der angebauten Frucht und dem Nährstoffgehalt des Bodens entspricht, das Ideal, dem die Agrikulturchemie nachstrebt.

3. Feststellung des Düngerbedarfs.

Als Mittel zur Bestimmung des Düngebedürfnisses dient nach wie vor hauptsächlich der praktische Felddüngungsversuch. Eine Vervollkommenung des Feldversuches (54) wurde dadurch erzielt, daß man durch mehrfache Wiederholung der einzelnen Düngungsarten zu Mittelwerten gelangte, die man auf Grund der Wahrscheinlichkeitsrechnung mittels der Abweichungen von den Einzelwerten auf ihre Zuverlässigkeit prüfen kann. Natürlich lassen sich dadurch aber nur Beobachtungsfehler ausschalten, nicht jedoch Abweichungen, die in den natürlichen Verhältnissen des Versuchsfeldes ihre Ursache haben.

Die Erkenntnis der Fehlerquellen, denen ein Feldversuch ausgesetzt ist, führte zu dem Wunsche nach zuverlässigeren bzw. rascher durchführbaren Methoden der *Nährstoffbestimmung* im Boden. Eine geniale Lösung dieser Frage versuchte *Mitscherlich* in der Weise, daß er sein Gesetz von der Konstanz der Wirkungsfaktoren benutzte, um durch quantitative Auswertung von Gefäßversuchen darüber ein Bild zu bekommen, welche Mengen an pflanzenaufnehmbaren Nährstoffen in einem Boden enthalten sind. Die gegen die Methode von *Mitscherlich* gerichteten Angriffe umgeht *Wiessmann* (55), soweit sie sich auf die Gültigkeit des *Mitscherlichen* Gesetzes beziehen, mit der von ihm angegebenen Abänderung der Methode: er vergleicht Erträge auf reinem Sand, der mit steigenden Nährstoffmengen versetzt ist, mit denjenigen auf einer Mischung von Sand und Boden, die er ebenfalls mit steigenden Nährstoffmengen versieht.

Neubauer (56) verwendet *Keimpflanzen von Roggen* zum Aufschluß der Bodennährstoffe Phosphorsäure und Kali; seine Methode hat den Vorteil, daß das Ergebnis bereits nach drei Wochen vorliegt. Bei Einhaltung der von *Neubauer* angegebenen Vorschriften scheint die Methode zuverlässige Resultate zu liefern, und die Angriffe, die man gegen dieselbe gerichtet hat, betreffen hauptsächlich die Schwierigkeiten der richtigen Auswertung der Analysenergebnisse. Vielfach hat man nämlich auf Grund theoretischer Erwägungen schematische Grenzzahlen aufgestellt, die natürlich nicht in allen Fällen zutreffen können.

Eine andere biologische Methode, die den Vorzug leichterer Durchführbarkeit besitzt, ist die *Aspergillus-Methode* von *Niklas* (57).

Die rein chemische Untersuchung der Böden kam ebenfalls wieder zu Ehren, und zwar hauptsächlich auf Grund der Fortschritte, welche in der Erforschung der Eigenschaften der kolloidalen Adsorptionskomplexe des Bodens gemacht worden sind. Man sucht durch Verdrängungsmittel diejenigen Nährstoffmengen zu bestimmen, die von den Bodenkolloiden adsorptiv ge-

bunden sind, da man annimmt, daß diese Mengen einen Maßstab für die Nährstoffversorgung des Bodens abgeben. Hier verdienen Erwähnung: die Zitronensäure-Methode von *König-Hasenbäumer* (58) zur Bestimmung von Kali, Phosphorsäure und Stickstoff; die Bicarbonatmethode von *Dircks* (59); die Methode von *Gehring* (60), der den Kali-Kalk-Sättigungsgrad bestimmt; die Methode der Elektrodialyse und Ultrafiltration von *Köttgen* (61).

Ein aussichtsreiches Prinzip zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes ist auch die Methode von *Vageler*, der die Böden mittels der *Sorptionsmodul* charakterisiert. Für die Phosphorsäurebestimmung hat sich neben den obengenannten Methoden insbesondere die Methode von *Lemmermann* (62) bewährt, der die relative Löslichkeit der Phosphorsäure als Maßstab für ihre Pflanzenaufnehmbarkeit benutzt. Von *Wrangell* (63) bestimmte den Gehalt der Bodenlösung an Phosphorsäure, wobei ihr die colorimetrische Methode der Phosphorsäurebestimmung von *Déniges* von Nutzen war. Eine analytisch bedeutsame Verbesserung der *Kalibestimmung*, bei welcher das Hinzufügen und Wegglühen von Ammoniumsalzen vermieden und die Phosphorsäure nicht ausgefällt wird, wurde von *Stein* (64) ausgearbeitet.

Neben der Analyse der Böden wurden auch *Untersuchungen an den Pflanzen als diagnostische Methoden* zur Beurteilung des Düngerbedarfs herangezogen (65). Von diesen ist zu erwähnen die Methode von *Hoffer*, der auf Grund seiner Annahme eines Kali-Eisen-Antagonismus die leicht nachzuweisende Anhäufung von Eisen in den Halmknoten der Maispflanze als Anzeichen für Kalimangel im Boden ansieht.

Lagatu (66) zieht aus der chemischen Zusammensetzung der Blätter, z. B. von Wein oder Kartoffeln, Schlüsse auf die Ernährungsverhältnisse der Pflanzen.

4. Physiologische Reaktion der Düngemittel.

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen über Bodensäure wurde auch die Frage der physiologischen Reaktion der Kunstdünger geprüft. Es zeigte sich, daß die Befürchtungen, die man wegen einer bodenversauernden Wirkung der Kunstdünger hegte, nicht zutreffen. So stellte *Kappen* fest, daß das Superphosphat nicht zu den physiologisch sauren Düngemitteln zu rechnen ist. Aus Dauerversuchen von *Niklas* und von *Rößler* geht hervor, daß eine bodenversauernde Wirkung der Kali-salze nicht nachzuweisen ist, was auch *Kappen* bestätigen konnte. Lediglich die Ammoniakdünger zeigten eine leichte Verschiebung der Bodenreaktion, die aber derartig gering ist, daß sie bei sachgemäßer Kalkung überhaupt nicht in Erscheinung treten kann.

5. Düngung und Qualität.

Die stärkere Betonung einer guten Qualität der Ernteprodukte, die durch die Bestrebungen zur Verbesserung der Absatzmöglichkeiten hervorgerufen worden ist, hat dazu geführt, daß der Einfluß der Düngung auf die Qualität der Ernte mehr Beachtung fand (67). Zahlreiche Kostproben von verschiedenen gedüngten Gemüse- und Obstarten, die vor allem auf Anregung der Konservenindustrie vorgenommen wurden, zeigten, daß die vielfach anzutreffenden Vorurteile gegen die Qualität von mit Kunstdünger gezogenen Erzeugnissen vollkommen unberechtigt sind, und daß im Gegenteil die bei der Kunstdüngeranwendung gebotene Möglichkeit, ein dem Nährstoffbedarf der betreffenden Pflanze entsprechendes harmonisches Nährstoffverhältnis einzustellen, von Vor-

teil ist. Besonders schlagend waren die Erfolge der Volldüngung in dieser Hinsicht im Weinbau, wie Kostproben auf verschiedenen Weinbaukongressen bewiesen. Namentlich erwies sich eine ausreichende Ernährung mit Kali, ebenso wie bei zahlreichen anderen Früchten, auch im Weinbau als besonders wichtig für die Erzielung einer guten Qualität.

IV. Pflanzenschutz.

Der Pflanzenschutz hat in Deutschland noch große Aufgaben zu erfüllen, berechnet doch Morstadt die Schäden, welche durch Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge jährlich angerichtet werden, auf bis zu zwei Milliarden Mark. Die Forschung richtete ihr Augenmerk sowohl auf die Maßnahmen zur Vorbeugung wie auch zur direkten Bekämpfung der Schädlinge mit chemischen oder mechanischen Hilfsmitteln. Fortschritte in der Vorbeugung wurden gemacht durch den *Anbau von widerstandsfähigen Sorten* (z. B. krebsfesten Kartoffeln) und durch *zweckmäßige Ernährung der Kulturpflanzen*. In letzter Hinsicht verdienen Erwähnung die Arbeiten von Remy (68) und Gäßner (69) über Verhütung des Gelbrostes durch Kalidüngung sowie die Beobachtung von Schaffnit, daß Kalidüngung den Befall der Kartoffeln durch Blattläuse verhindert, der nach Quanjer die Verbreitung mancher Viruskrankheiten bewirkt. Zur Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen werden eine Reihe von *neuen Präparaten* empfohlen, deren wichtigste Grundstoffe Kupfer, Quecksilber und Schwefel gegen pilzliche Schädlinge, Arsen und Barium gegen fressende Insekten sind. Verschiedene Nikotinpräparate wurden vermischt mit Seifenlösung als Atmungsgift zur Bekämpfung von saugenden Insekten verwandt (70). Von allgemeiner Bedeutung ist das *Beizen des Saatgetreides* gegen Weizensteinbrand, Schneeschimmel, Streifenkrankheit der Gerste und gegen Haferflugbrand geworden. Hierzu verwendet man fast durchweg quecksilberhaltige Präparate, wie Uspulun, Germisan und andere (71).

Im Rebbau haben sich Mittel bewährt, die außer Kupfer auch Arsen enthalten, also nicht nur gegen Peronospora, sondern auch gegen tierische Schädlinge, wie Traubenwickler und Obstmade, angewendet werden können.

V. Fütterungslehre.

1. Grünlandbewegung.

Die durch wirtschaftliche Notwendigkeit während der Kriegs- und Inflationszeit verursachte Einschränkung der Einfuhr von Kraftfutter gab den Bestrebungen, das notwendige Futter auf eigener Scholle zu erzeugen, besonderen Nachdruck. Die Grünlandbewegung strebte eine Verbesserung der Wiesen und Weiden durch Anbau ertragreicherer Gräser und bessere Düngung an. Die Verschiebung des Preisverhältnisses zwischen Düngestickstoff und Kraftfutterstickstoff förderte auch weiterhin die Bestrebungen, Kraftfuttereiweiß durch das auf dem Grünlande erzeugte Eiweiß zu ersetzen. Neubauer wies darauf hin, das Gras möglichst im Jugendstadium zu schneiden, da es dann einen höheren Eiweißgehalt aufweist.

2. Silage.

Neben der Erzeugung des Futters ist vor allem die Erhaltung desselben wichtig, wobei es gilt, Verluste an Nährstoffen zu vermeiden. Größere Bedeutung gewann daher die Silage, die in Amerika bereits früher üblich war.

Bei der gewöhnlichen Silage erwärmt sich das Futter durch Oxydationsvorgänge bei der Pflanzenatmung und nach Absterben der Pflanzenzellen durch

Bakterientätigkeit auf etwa 40—50°, bei welcher Temperatur es sich wochenlang hält. Die rasche Erreichung dieser Temperatur ist wichtig, um das Auftreten von Essigsäure- und Buttersäuregärung zugunsten der Milchsäuregärung zu unterbinden. Man versuchte, dies Ziel zu erreichen durch Anwendung der *Elektrosilage*, bei welcher ein durch das Preßfutter geschickter elektrischer Strom erwärmend wirken sollte, von dem man gleichzeitig hoffte, daß er auf die Entwicklung der schädlichen Bakterien hemmend wirken würde. Fingerling und Gerlach versuchten durch *Zusatz von Chemikalien*, u. a. von Salzsäure, die unerwünschten Bakterien zu bekämpfen. Auch das Durchleiten von Kohlensäure wurde zu diesem Zweck versucht. Zusätze von Kohlehydraten (wie Melasse, Rübenschitzel usw.) sollten zur Ernährung der Bakterien und Anregung einer stärkeren Milchsäurebildung dienen und Ensilierung von eiweißreichen Futterpflanzen ermöglichen. Auch ein Zusatz von Kartoffelflocken bewährte sich, während durch Harnstoffzusatz kein praktischer Erfolg erzielt wurde. Unvermeidlich sind bei jeder Art der Ensilierung Verluste an Masse, die je nach der Arbeitsweise sehr schwanken können. Diese Verluste an Masse sind aber im Vergleich zu den bei der Heuwerbung auftretenden Verlusten wesentlich geringer.

Vor allem ist zugunsten der Silage anzuführen, daß bei dieser Konservierung die Vitamine erhalten bleiben.

3. Vitamine.

Wie die neue Ernährungsphysiologie gelehrt hat, sind nicht nur Eiweiß und Stärkewert des Futters von Bedeutung, sondern auch ein Gehalt an den sogenannten Ergänzungsstoffen. Ein weiteres Eingehen auf diese wichtigen Fragen erübrigt sich indes, da Scheuner in dieser Zeitschrift (72) über die auf diesem Gebiete gemachten Fortschritte berichtet hat.

4. Mineralstoffe.

Eine weitere Gruppe von Stoffen, deren Vorhandensein im Futter für eine gesunde Ernährung wichtig ist, sind die Mineralstoffe, denen man ebenfalls in letzter Zeit viel Beachtung schenkte. So gab die Vernachlässigung der *Kalkung* während des Krieges Veranlassung, den Zusammenhängen zwischen dem Auftreten der Lecksucht und dem Gehalt des Futters an Kalk und Phosphorsäure Beachtung zu schenken. Auch ein ungenügender Kaligehalt des Heus kann eine ähnliche Form der Lecksucht bewirken, die mit Erfolg durch Beifütterung von Melasse bekämpft werden kann.

Auf die Wichtigkeit des richtigen Verhältnisses von Kali zu Natron wies Duerszt (73) hin. Er strebte die Erzeugung eines *kalireichen Futters* einerseits durch starke Kalidüngung, andererseits aber auch direkt durch Zusatz von milchsäurem Kali zum Futter an. Bei Schweinen und Ziegen beobachtete er eine vorteilhafte Wirkung des Kalis insbesondere auf diejenigen Organe, welche den eigentlichen Lebensfunktionen dienen, während die Stützorgane Kali weniger benötigen.

5. Neue Verfahren zur Gewinnung von Futtermitteln.

Die während der Kriegszeit ausgearbeiteten Verfahren des Aufschlusses von Stroh sind an Wichtigkeit zurückgetreten, da sie hauptsächlich Kohlehydrate liefern, an denen wir durch unseren ausgedehnten Kartoffelbau ohnehin einen relativen Überfluß haben. Aus dem gleichen Grunde hat auch das Verfahren von Bergius, welches die Bildung von Zucker aus der Cellulose des Holzes anstrebt, vorläufig nur eine theoretische Be-

deutung. Was unsere Futterwirtschaft braucht, ist eine *Mehrerzeugung von eiweißreichem Kraftfutter*, und die Bestrebungen, die *Lupine* zu Futterzwecken heranzuziehen, verdienen daher nach wie vor die größte Beachtung. Am aussichtsreichsten dürften die Arbeiten sein, welche das Ziel der Entbitterung der Lupine durch Züchtung einer bitterstofffreien Lupine erreichen wollen.

[A. 159.]

Literatur:

1. K. Glinka, Typen der Bodenbildung, Berlin 1914.
2. J. Mohr, De grond van Java en Sumatra, Amsterdam 1922.
3. H. Harrassowitz, Fortschritte d. Geologie u. Palaeontologie, IV, 14; auch Ztschr. angew. Chem. 43, 185 [1930].
4. A. Eichinger, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenkunde (A) 8, 1.
5. A. Reifenberg, ebenda (A) 14, 257.
6. P. Vageler, ebenda (A) 10, 198.
7. G. Wiegner, Landwirtschl. Vers.-Stat. 91, 41—97.
8. M. Köhn, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 9, 364; (A) 10, 91; (A) 12, 50.
9. P. Kötting, ebenda (A) 9, 35; (A) 13, 137.
10. Auszüge aus den Verhandlungen des 2. Intern. Kongresses f. Bodenkunde, Moskau 1930.
11. R. Ganssen, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 8, 332.
12. G. Wiegner, Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum, Berlin 1926.
13. H. Kappen, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 8, 277.
14. H. Kappen, Die Bodenazidität, Berlin 1929.
15. G. Wiegner u. K. Müller, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 14, 321.
16. J. Hissink, ebenda (A) 4, 137.
17. H. Gedroiz, Chemische Bodenanalyse, Berlin 1926.
18. Askinasi, Pedology, 1930, Nr. 5.
19. A. Gehring, A. Peggau u. O. Wehrmann, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 8, 321, 332.
20. P. Vageler, ebenda (A) 15, 329; (A) 16, 184.
21. S. A. Waksman, Principles of Soil Microbiology, Baltimore 1927.
22. O. Lemmermann, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 17, 321.
23. H. Jenny, Naturwiss. 1930, 859.
24. S. Winogradsky, Proceedings and Papers of the 1st Int. Congr. of Soil Science, Washington 1928, III, 1.
25. J. Stoklasa, Ernährung d. Pflanze 1929, 97.
26. E. Mitscherlich, Die Bestimmung des Düngebedürfnisses des Bodens, Berlin 1930.
27. M. Gerlach, E. Günther u. C. Seidel, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 11, 1.
28. A. Rippel, ebenda (A) 8, 65.
29. O. Nolte, Die Bedeutung des Kalis, Berlin 1927.
30. E. Mitscherlich, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 12, 273.
31. A. Rippel u. R. Meyer, ebenda (A) 14, 1.
32. J. Russell, Ernährung d. Pflanze 1928, 258.
33. A. Jacob, Ztschr. angew. Chem. 41, 298 [1928].
34. O. Lemmermann u. H. Liesegang, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (B) 9, 256.
35. M. Domontowitsch u. A. Groschenkow, ebenda (A) 14, 194.
36. G. Klein, Ernährung d. Pflanze 1930, 390.
37. Auszüge aus den Verhandlungen des II. Internationalen Kongresses für Bodenkunde, S. 45, Moskau 1930.
38. W. Mevius, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 10, 208.
39. A. Gehring, Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 6, Heft 12.
40. G. N. Hoffer, U. S. Dep. of Agric., Bull. 298, Washington 1926.
41. P. Ehrenberg, Ernährung d. Pflanze 1920, 71.
42. O. Lemmermann, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 13, 28.
43. W. Dix, ebenda (A) 18, 158.
44. A. Jacob, Fortschr. d. Landwirtsch. 1930, 381.
45. E. Doerell, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 13, 344.
46. K. Scharrer, Ztschr. angew. Chem. 41, 980 [1928].
47. W. Gauss u. R. Griebbach, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 13, 418.
48. O. Eckstein, Landwirtschl. Jahrbuch 68, Heft 3.
49. M. Popoff, Pflanzenbau, 1924/25, Heft 13/14.
50. F. Löhnis, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (B) 9, 268.
51. E. Reinau, Die Technik in der Landwirtschaft 1930, 987.
52. O. Eckstein, Ztschr. angew. Chem. 40, 42 [1927].
53. A. Mittasch, ebenda 41, 902 [1928].
54. Th. Römer, Der Feldversuch, Berlin 1930.
55. H. Wißmann, Landwirtschl. Vers.-Stat. 107, 69.
56. H. Neubauer, Ernährung d. Pflanze 1928, 273.
57. H. Niklas, H. Poschenrieder u. J. Trischler, Ernährung d. Pflanze 1930, 97.
58. J. König, Die Ermittlung des Düngerbedarfs des Bodens, Berlin 1929.
59. B. Dircks u. F. Scheffer, Landwirtschl. Jahrbuch 71, 73.
60. A. Gehring u. O. Wehrmann, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk. (A) 14, 65.
61. P. Kötting u. R. Diehl, ebenda (A) 14, 65.
62. O. Lemmermann, ebenda (B) 9, 1.
63. M. v. Wrangell, Landwirtschl. Jahrbuch 71, 149.
64. A. Stein, Ztschr. angew. Chem. 42, 179 [1929].
65. O. Eckstein u. A. Jacob, Stoklasa-Festschrift, S. 131, Berlin 1928.
66. H. Lagat u. L. Maume, Compt. rend., 13. Juni 1928.
67. A. Jacob, Fortschr. d. Landwirtsch. 3, Heft 23.
68. Th. Reiny u. F. v. Meer, Ernährung d. Pflanze 1929, 73.
69. G. Gassner, Ztschr. angew. Chem. 42, 865 [1929].
70. G. Hilgendorff, ebenda 41, 801 [1928].
71. A. Klages, ebenda 39, 3 [1926].
72. A. Scheunert, ebenda 41, 780 [1928].
73. J. U. Duerst, Ernährung d. Pflanze 1928, 267.

[A. 159.]

Die Entwicklung der Jodindustrie und ihre heutige wirtschaftliche Lage.

Von Dr. W. ROMAN, Berlin.

(Eingeg. 13. November 1930.)

Von den gewaltigen Umwälzungen, die die Kriegs- und Nachkriegsjahre in der gesamten Weltwirtschaft mit sich gebracht haben, ist auch die Jodindustrie nicht verschont geblieben. Der in allen Staaten aufblühende Protektionismus zeigt sich auch im Versuch mancher Staaten, eine eigene Jodindustrie zu begründen, um sich auf diese Weise von Jodeinfuhr möglichst frei zu machen. Hierzu werden in erster Linie diejenigen Staaten betroffen, welche über eine jahrzehntealte Jodindustrie verfügen, die bis zum Kriege und zum Teil auch heute eine fast unangefochtene Monopolstellung in der Jodproduktion einnahm und durch welche auch

die älteste Jodfabrikation im Ausgang des vorigen Jahrhunderts vollständig erdrückt worden war.

Die erste Fabrik, welche ausschließlich der Jodgewinnung diente, wurde von Tissier in Cherbourg im Jahre 1814 auf eine Anregung des Entdeckers des Jods, B. Courtois, gegründet. Dieser schlossen sich bald darauf noch verschiedene andere Fabriken in Brest und Cherbourg, und kurz darauf auch in Glasgow, auf den Schottischen Inseln und in Irland an. Die einzige Quelle zur Jodgewinnung war damals der Kelp (in Frankreich Varech genannt), die aus den jodhaltigen Meeresalgen gewonnene Asche. Es war in erster Linie