

bulin besteht hauptsächlich aus  $\beta$ - und  $\gamma$ -Globulinen und etwas  $\alpha$ -Globulin. Das durch Elektrodialyse von Serum gewonnene Pseudoglobulin enthält 85%  $\alpha$ - und 15%  $\gamma$ -Globulin, aber kein  $\beta$ -Globulin.

Durch Elektrophorese gelingt es, die vier Komponenten in reiner Form darzustellen. Allerdings ist die quantitative Trennung von so vielen Komponenten nicht ganz einfach. Bei der Trennung von mehr als zwei Komponenten wird grundsätzlich zunächst eine Gruppe der schnellsten und langsamsten Komponenten abgetrennt und diese dann für sich in weiteren Ansätzen verarbeitet. Allerdings muß man hierbei eine starke Verdünnung der isolierten Bestandteile in Kauf nehmen. Die einzelnen Trennungsvorgänge müssen mehrmals wiederholt werden, um zum Schluß genügend Material zur Verfügung zu haben.

Der Unterschied in der Wanderungsgeschwindigkeit der Serumproteine ist im alkalischen Gebiet am größten, die Fraktionierung wurde daher bei  $p_H$  8,03 ausgeführt. Da die Leitfähigkeit des Serums beträchtlich ist und außerdem die Globuline in salzarmen Lösungen ausflocken, wurde ein ziemlich konzentrierter Puffer von der Ionenkonzentration 0,1 angewendet. Es wurde unverdünntes Serum benutzt, das gegen diese Pufferlösung dialysiert war. Das Potentialgefälle betrug 7,25 V/cm. Zur Reindarstellung des Serumalbumins, der am schnellsten wandernden Komponente, wurde die Kompensation so eingestellt, daß das  $\alpha$ -Globulin eine scheinbare Wanderungsgeschwindigkeit 0 erhielt. Nach Beendigung des Versuches enthält dann die obere Kammer des anodischen Schenkels reines Albumin. Um größere Mengen Albumin neben reinem  $\alpha$ -Globulin zu gewinnen, wurden in mehreren Ansätzen zuerst diese beiden schnelleren Komponenten von den beiden anderen Globulinen abgetrennt. Die gesammelten Fraktionen wurden vereinigt und bei 400 V Spannung (9,2 V/cm) elektrophoretisch getrennt. Hierbei wurde die Kompensation so eingestellt, daß die beiden Banden scheinbar entgegengesetzt wandern. Dies kann durch zeitweiliges Abstellen des Uhrwerks der Kompensationseinrichtung und durch Regulierung der Spannung experimentell ohne Schwierigkeiten erreicht werden. Nach 24 h war die Globulinbande im Bodenstück des U-Rohres verschwunden, der positive Schenkel des U-Rohres enthielt reines Albumin und der negative Schenkel reines  $\alpha$ -Globulin. Auf diese Weise wurden 8 cm<sup>3</sup> einer 2 proz. Lösung von Serumalbumin und eine gleiche Menge einer 0,2proz. Lösung von  $\alpha$ -Globulin erhalten. Zur Darstellung des  $\alpha$ -Globulins kann auch eine Lösung von Pseudoglobulin benutzt werden,

die aus 85%  $\alpha$ -Globulin und 15%  $\gamma$ -Globulin besteht. Eine vollständige Trennung dieser beiden Komponenten wurde in 5 h bei 400 V Spannung (9,7 V/cm) erzielt. Aus 12,5 cm<sup>3</sup> Pseudoglobulinlösung wurden 8 cm<sup>3</sup> einer 2,2proz.  $\alpha$ -Globulinlösung und die gleiche Menge einer 0,3proz. Lösung von  $\gamma$ -Globulin erhalten.  $\beta$ -Globulin wurde in zwei Stufen gewonnen. Zuerst wurden die beiden langsameren Komponenten des Serums, das  $\beta$ - und  $\gamma$ -Globulin aus dem Serum isoliert und diese dann in einem zweiten Versuch voneinander getrennt.

Das Beispiel der Serumfraktionierung zeigt, daß sich auch sehr schwierige Trennungsprobleme mit dem Tiselius-Apparat durchführen lassen.

Die Elektrophorese eignet sich auch zur Untersuchung von Immunseren<sup>45)</sup>.

Bei einigen Tieren (Pferd, Kuh und Schwein) tritt im Serum nach Immunisierung gegen spezifische Polysaccharide aus Pneumokokken eine neue Eiweißkomponente auf, deren Wanderungsgeschwindigkeit zwischen der von  $\beta$ - und  $\gamma$ -Globulin liegt (Abb. 8). Bei Kaninchen und Affen ist dagegen der Antikörper elektrophoretisch vom  $\gamma$ -Globulin nicht zu unterscheiden, dessen Konzentration in dem Immunserum des Kaninchens von 17% auf 56% erhöht ist. Eine Reindarstellung des Antikörpers ist in diesem Falle elektrophoretisch nicht möglich, doch kann durch die Entfernung der übrigen Serumproteine eine bedeutende Anreicherung erzielt werden. Durch Elektrophorese gelang es, das durch Ammonsulfatfällung aus Pferdeserum gewonnene Diphtherieantitoxin weiter zu reinigen, so daß ein Protein erhalten wurde, das zu 43,5% mit Diphtherietoxin spezifisch fällbar war<sup>46)</sup>.

Von weiteren Versuchen zur elektrophoretischen Trennung von Eiweißstoffen sei hier noch die präparative Darstellung eines kristallisierten Proteins aus Kulturen von Tuberkelbazillen erwähnt<sup>47)</sup>.

Die Fortschritte in den analytischen Methoden und in den Darstellungsverfahren haben es ermöglicht, eine große Anzahl einheitlicher und gut charakterisierter Eiweißstoffe zu gewinnen. Es ist anzunehmen, daß die Zahl der rein dargestellten Eiweißstoffe in Zukunft noch beträchtlich vermehrt wird; damit ist eine wesentliche Voraussetzung geschaffen, um in die Struktur und das biologische Verhalten der Proteine tiefer einzudringen.

Eingeg. 1. Oktober 1940. [A. 97.]

<sup>45)</sup> A. Tiselius u. E. A. Kabat, Science [New York] **87**, 416 [1938].

<sup>46)</sup> A. M. Pappenheimer, H. P. Lundgren u. I. W. Williams, J. exp. Medicine **71**, 247 [1940].

<sup>47)</sup> F. B. Seibert, K. O. Pedersen u. A. Tiselius, ebenda **68**, 413 [1938].

## Fortschritte der Landwirtschaftschemie 1931—1940

Von Dr. A. JACOB, Wissenschaftliche Abteilung des Deutschen Kalisyndikats, Berlin

Auf die Entwicklung der Landwirtschaftschemie war in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrzehnts von großem Einfluß die einheitliche Ausrichtung der deutschen Forschung durch die Reichsarbeitsgemeinschaft der Landwirtschaftswissenschaft, die Gemeinschaftsarbeiten verschiedener Institute in die Wege leitete, um Fragen von besonders vordringlicher praktischer Bedeutung möglichst rasch einer Lösung entgegenzuführen. Das Bestreben, die Landwirtschaftschemie in den unmittelbaren Dienst der Praxis zu stellen, hat aber keineswegs zur Folge gehabt, daß die Bearbeitung rein wissenschaftlicher Fragen vernachlässigt wurde. Es bestätigte sich im Gegenteil, daß eine Förderung der Praxis in der Regel eine vorherige genaue Aufklärung von Problemen zur Voraussetzung hat, denen man auf den ersten Blick nur eine rein wissenschaftliche Bedeutung zuzuschreiben geneigt ist, wie z. B. Verbesserungen der Analysenmethoden oder Aufklärung grundlegender Reaktionen.

### I. Bodenkunde.

#### 1. Bodenbildung und Bodeneinteilung.

Nach wie vor stand das Studium der Dynamik der Bodenbildung an Hand der Bodenprofile im Vordergrund, insbesondere im Hinblick auf die Verbesserung der Böden auf lange Sicht sowie auf die Gewinnung von Neuland für Kulturzwecke. Von Hissink<sup>1)</sup> wurde die Veränderung der Zuiderseeböden nach dem Eindeichen untersucht. Blanck<sup>2)</sup> wies auf die Rolle

der aus dem Rohhumus entstehenden Schwefelsäure bei der Verwitterung hin, die das Eisen der Silicate in Lösung bringt.

Bei der Einteilung der Böden ist man von der einseitigen Überschätzung der klimatischen Faktoren, die auf Grund der Erfolge der russischen Bodenkunde nahe lag, zurückgekommen und betont die Bedeutung des Muttergesteins als Faktor der Bodenbildung und als Kriterium für die Bodenklassifikation. Als wertvolles Hilfsmittel bei der Klassifikation der großen Bodengruppen der Welt hat sich die Catenaeinteilung von Milne<sup>3)</sup> erwiesen, die Gruppen von Böden zusammenfaßt, die, aus ähnlichem Muttergestein entstanden, durch topographische Bedingungen zu verschiedenen Böden geworden sind, aber stets in Verbindung miteinander gefunden werden. Für eine Einteilung der Böden der Welt auf genetischer Grundlage sind verschiedene Vorschläge gemacht worden. Beachtlich ist ein Vorschlag von del Villar<sup>4)</sup>, der vier Bodengruppen vorsieht, nämlich die Salz-Alkali-Gruppe, die kalkhaltige Gruppe, die sesquioxidydische Gruppe (Allite, Siallite und sauer-humose Böden) und die hydromedische Gruppe (Alluvial- und Gleyböden). Jede dieser Gruppen wird jeweils in die Stufen unreif, reif und überreif unterteilt. G. W. Robinson<sup>5)</sup> vertritt allerdings den Standpunkt, daß unsere Kenntnis der verschiedenen Bodenarten der Welt noch nicht umfassend genug ist, um jetzt bereits den Versuch einer die ganze Welt umfassenden Klassifikation der Böden zu unternehmen.

<sup>1)</sup> D. J. Hissink, Chem. Weekbl. **30**, 666 [1933]. Forschungsdienst, Sonderh. **6**, 35 [1937].

<sup>2)</sup> E. Blanck, Ernähr. d. Pflanze **29**, 41 [1933].

<sup>3)</sup> G. Milne, Bodenkundl. Forsch. [Beih. zu: Mitt. int. bodenkundl. Ges.] **4**, 183 [1935].

<sup>4)</sup> H. del Villar: Los Suelos de la Península Luso-Iberica, Madrid 1937.

<sup>5)</sup> G. W. Robinson: Die Böden, Berlin 1939, S. 412.

Zahlreiche Bodenkarten einzelner Länder wurden aufgenommen. Eine Karte der wichtigsten Bodenarten Europas wurde in größerem Maßstab auf Anregung der Internationalen Gesellschaft für Bodenkunde unter Leitung von *Siremme* herausgebracht.

## 2. Chemische Eigenschaften des Bodens.

### a) Tonkomplex.

Der kolloidale Komplex des Bodens wird von *Mattson*<sup>6)</sup> als das Ergebnis der gegenseitigen Ausfällung der basischen Sole von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  einerseits und der sauren Sole von  $\text{SiO}_2$  sowie  $\text{P}_2\text{O}_5$  und Humussäure andererseits aufgefaßt, die in der Nähe des isoelektrischen Punktes Fällungen von bestimmten Zusammensetzungen ergeben.

Einen vertieften Einblick in den Aufbau der Tonsubstanz hat vor allem die Anwendung der Röntgenspektroskopie zwecks Bestimmung der im Boden vorkommenden Tonmineralien gebracht; denn das chemische und physikalische Verhalten der Böden wird sehr stark davon beherrscht, welches Tonmineral in ihnen vorliegt. *Hendricks* und *Fry*<sup>7)</sup>, *Kelley*, *Dore* und *Brown*<sup>8)</sup>, *Correns*<sup>9)</sup>, *Jacob* und *Hofmann*<sup>10)</sup> stellten fest, daß in der Tonsubstanz des Bodens verschiedene, durch ihr Röntgenspektrum zu charakterisierende, kristalline Tonmineralien vorkommen. Es sind dies im wesentlichen Kaolinit, der Montmorillonit, sowie ein glimmerartiges Tonmineral. Nach *Hendricks* und *Alexander*<sup>11)</sup> läßt sich Montmorillonit im Boden dadurch nachweisen, daß er mit Benzidin eine Blaufärbung ergibt.

Das Elektronenmikroskop, welches, da es gegenüber dem Lichtmikroskop ein 100fach gesteigertes Auflösungsvermögen hat, eine 50000fache Vergrößerung gestattet<sup>12)</sup>, wurde von *Eitel*<sup>13)</sup>, v. *Ardenne*, *Endell* und *Hofmann*<sup>14)</sup>, insbesondere von *Jacob* und *Loofmann*<sup>15)</sup> zur Feststellung der verschiedenen Tonmineralien des Bodens herangezogen. Es ergaben sich charakteristische Bilder für die verschiedenen Tonmineralien, wie Kaolinit, Montmorillonit und ein glimmerartiges Tonmineral. Aus den Eigenschaften dieser auch in reinem Zustande bekannten Mineralien kann man Schlüsse auf das physikalisch-chemische Verhalten der Böden ziehen, in deren Tonfraktion sie festgestellt werden. Interessant war, daß sich bei der durch das Elektronenmikroskop ermöglichten Ausmessung der einzelnen Teilchen ergab, daß ihre tatsächliche Größe sehr genau der auf Grund des *Stokes*schen Gesetzes aus der Fallgeschwindigkeit berechneten entsprach.

### b) Humusgehalt des Bodens.

Auf dem Gebiet der Humusforschung ergab sich vor allem das Problem, den Humus in seiner Zusammensetzung aus verschiedenen Stoffgruppen zu charakterisieren. Diese Frage ist noch bei weitem nicht gelöst, immerhin wurden jedoch große Fortschritte vor allem durch die Arbeiten von *Springer*<sup>16)</sup> und *Simon*<sup>17)</sup> erzielt. Nach *Simon* lassen sich durch Extraktion mit Natriumfluorid, Natriumoxalat und Natriumlauge die charakteristischen Rotteprodukte der organischen Substanz erfassen. Durch Titration mit Permanganat, Colorimetrie und Anwendung von Kennzahlen für den relativen Farbwert, den Tönungsfaktor und den Huminsäurequotienten werden die Humusstoffe charakterisiert. Die Verwendung von Acetyl bromid ermöglicht die Bestimmung der unzersetzten organischen Substanz bzw. die Ermittlung des Zersetzungsgrades. *Springer*<sup>18)</sup> unterscheidet auf Grund dieser Untersuchungen den Brauntyp von Humus, der in Böden mit schwacher Humifizierung vorwiegt, und den Grautyp von Humus, der im Schwarzerdehumus besonders stark vertreten ist. Durch Farbmessungen der Humuslösungen charakterisiert *Hock*<sup>19)</sup> die verschiedenen Bodenarten. *Simon*<sup>20)</sup> weist auf die

Wichtigkeit der mineralischen Bestandteile des Bodens für die Humusbildung hin. In der gleichen Linie bewegen sich Untersuchungen von *L. Meyer*<sup>21)</sup> über Bindung von Humus an Montmorillonit sowie von *Scheffer*<sup>22)</sup>, der zwischen dem leicht zersetzbaren Nährhumus und dem schwer zersetzbaren Reservehumus des Bodens unterscheidet. *Jung*<sup>23)</sup> untersuchte die im Boden auftretenden Eisen- und Humusverbindungen; neben gegenseitiger Ausflockung von Kaliumhumat und Eisenoxyd stellte er eine innere Komplexsalzbildung durch Auflösung eines Teils des Eisenhydroxyds durch überschüssiges Humat fest.

### c) Austauschadsorption.

Der frühere Streit, ob es sich bei der Kationenaustauschadsorption um einen physikalischen oder um einen chemischen Vorgang handelt, ist zum Teil dadurch gegenstandslos geworden, daß man sowohl die rein physikalische Adsorption als auch die Austauschadsorption als Folge elektrostatischer Kräfte auffaßt, die zwischen der Oberfläche der Bodenteilchen und den elektrischen Ladungen der Ionen bzw. den Dipolen des Wassers auftreten (*Vageler*<sup>24)</sup>). Die scheinbaren Abweichungen vom Massenwirkungsgesetz, die bei dem Kationenaustausch beobachtet werden, verschwinden nach *Möller*<sup>25)</sup>, wenn man die Aktivitätskoeffizienten der in Frage kommenden Kationen berücksichtigt. *Wiegner*<sup>26)</sup> wies auf die Bedeutung der Metastruktur der Oberfläche der einzelnen Bodenteilchen hin, da die elektrischen Bindekräfte, die vom Kristallgitter ausgehen, dadurch beeinflußt werden. Die Festlegung gewisser Kationen, wie z. B. von Ammonium und Kalium in nicht mehr austauschfähiger Form, die beim Austrocknen des Bodens beobachtet wird, führte *Chaminade*<sup>27)</sup> auf eine Wanderung dieser Ionen in das Innere der Kristallgitter zurück. *Kirssunoff*<sup>28)</sup> prüfte die Pflanzenaufnehmbarkeit von austauschfähigem und nicht austauschfähigem Kali und fand, daß je nach der Bodenart die eine oder andere Bindungsform bevorzugt aufgenommen wurde. *Schachtschabel*<sup>29)</sup> fand bei der Untersuchung der Pflanzenaufnehmbarkeit von nicht austauschfähigem Kali, daß ein Zusammenhang mit dem Glimmergehalt des Bodens besteht.

Nach *Ekman*<sup>30)</sup> ist die Anionenaustauschkapazität des Bodens ebenso zu definieren, wie die Kationenaustauschfähigkeit. *Maksimow*<sup>31)</sup> unterscheidet bei der Sorption von Superphosphat zwischen Anionenumtausch mit dem Sorptionskomplex und einer chemischen Reaktion zwischen Superphosphat und den Kationen des Adsorptionskomplexes.

### d) Bodensäure.

Die pflanzenschädliche Wirkung der Bodensäure führen *Trenel* und *Pfeil*<sup>32)</sup> auf eine Wirkung des Aluminiumions zurück. Diese ist nicht nur durch eine Festlegung von Phosphorsäure im Boden zu erklären, sondern bei Versuchen in Wasserkultur mit geteilter Nährlösung zeigte sich auch in der Pflanze selbst eine Verhinderung der Phosphoraufnahme durch das Aluminiumion.

Für die Bestimmung der  $\text{pH}$ -Zahl des Bodens erwies sich als wesentlicher Fortschritt die Messung mit der Glaselektrode<sup>33)</sup>.

In gewissem Zusammenhang mit der Bestimmung der  $\text{pH}$ -Zahl stehen Untersuchungen über den Einfluß der relativen Intensität der oxydierenden und reduzierenden Bedingungen im Boden. Zahlreiche Versuche wurden gemacht, um das Oxydationsreduktionspotential zu bestimmen, z. B. durch den Unterschied des mit der Glaselektrode bestimmten  $\text{pH}$  und des durch das Oxydationsreduktionspotential zu beeinflussenden, mit der Chinhydronelektrode bestimmten  $\text{pH}$ <sup>34)</sup>.

<sup>6)</sup> S. Mattson, Soil Sci. 31, 57, 34, 209, 35, 75, 43, 421 [1937].

<sup>7)</sup> G. B. Hendricks u. W. H. Fry, Soil Sci. 29, 457 [1930].

<sup>8)</sup> W. P. Kelley, W. Dore u. S. Brown, Soil Sci. 31, 25 [1931].

<sup>9)</sup> C. W. Correns, Naturwiss. 24, 117 [1936].

<sup>10)</sup> A. Jacob, U. Hofmann, H. Loofmann u. E. Maedgelfrau, Beiheft zur Ztschr. des VDC Nr. 21 [1935]; Auszug diese Ztschr. 48, 585 [1935].

<sup>11)</sup> St. B. Hendricks u. L. Alexander, J. Amer. Soc. Agron. 35, 455 [1940].

<sup>12)</sup> Vgl. dazu Ardenne u. Betscher, diese Ztschr. 53, 103 [1940].

<sup>13)</sup> W. Eitel u. O. E. Radzewski, Naturwiss. 28, A 397 [1940].

<sup>14)</sup> v. Ardenne, K. Endell u. U. Hofmann, Ber. dtsch. keram. Ges. 21, 209 [1940].

<sup>15)</sup> A. Jacob u. H. Loofmann, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 21/22, 666 [1940].

<sup>16)</sup> U. Springer, ebenda 16, 312 [1938].

<sup>17)</sup> K. Simon u. H. Speichermann, ebenda 8, 127 [1938].

<sup>18)</sup> U. Springer, Forschungsdienst, Sonderb. 7 [1938].

<sup>19)</sup> A. Hock, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 2, 304 [1937] 7, 99, 279 [1938].

<sup>20)</sup> K. Simon, Forschungsdienst 1, 516 [1936].

<sup>21)</sup> L. Meyer, Ernähr. Pflanze 36, 109 [1940].

<sup>22)</sup> F. Scheffer, Forschungsdienst 1, 422 [1936].

<sup>23)</sup> E. Jung, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 9/10, 248 [1938].

<sup>24)</sup> P. Vageler, Der Kationen- und Wasserhaushalt der Böden, Berlin 1932.

<sup>25)</sup> J. Möller, Kolloid-Beih. 46, 1 [1937].

<sup>26)</sup> E. Wiegner, Trans. third Inter. Congres. of Soil Sci. Oxford, Vol. III, 5 [1935].

<sup>27)</sup> R. Chaminade, C. R. hebdom. Séances Acad. Sci. 210, 264 [1940].

<sup>28)</sup> Kirssunoff, Chemisat. soc. Agric. [russ.] 9, 43 [1940].

<sup>29)</sup> P. Schachtschabel, Forschungsdienst, Sonderb. 7, 43 [1938].

<sup>30)</sup> P. Ekman, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 9/10, 134 [1938].

<sup>31)</sup> A. Maksimow u. I. Ozimowska, Roczniki Nauk rolniczych leśnych [Polish agric. Forest Annu.] 44, 264 [1939].

<sup>32)</sup> Trenel u. Pfeil, Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde 33, 257 [1934].

<sup>33)</sup> E. Pfeil, Ergebn. Agrikulturchem. 4, 70 [1935].

<sup>34)</sup> W. M. Klytschnikov, Lenin Acad. agric. Sci., Gedroitz Res. Inst. Fertilizers, Soil Management Soil Sci. Proc. Leningrad Dep. [russ.] II, 3 [1938].

### 3. Physikalische Eigenschaften der Böden.

Für die Ausführung der mechanischen Bodenanalyse war man bemüht, ein Verfahren auszuarbeiten, welches die Ermittlung der Korngrößen unter natürlichen Verhältnissen wiedergibt, also unter Berücksichtigung der Krümelbildung der Böden<sup>35)</sup>. *Kubiena*<sup>36)</sup> erstrebt Einblick in die mechanische Zusammensetzung des Bodens durch mikroskopische Untersuchung der Bodengefügeeinheiten, wie Kristallbruchstücke, Rohhumus, Hüllen, Koagele, Brücken oder Hohlräume. Er findet für die verschiedenen Bodenarten typische Formen von Aggregaten.

Für die Beurteilung des Wasserhaushaltes der Böden weisen *Allen*<sup>37)</sup>, *Sekera*<sup>38)</sup> und *Vageler*<sup>39)</sup> auf die Unterschiede hin, die zwischen dem leicht beweglichen und den Pflanzen leicht zugänglichen Wasser und dem toten, für die Pflanzen nicht aufnehmbaren Bodenwasser bestehen. *Schofield*<sup>40)</sup> griff auf das bereits von *Buckingham* zur Charakterisierung des Wasserhaushaltes der Böden vorgeschlagene Capillarpotential zurück und führte zur Charakterisierung des Spannungszustandes des Bodenwassers den logarithmischen Wert  $p_p$  der Wassersäule in Zentimeter ein, die dem Unterdruck entspricht, der notwendig ist, um eine Bewegung von Wasser aus dem Boden bei einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt zu bewirken, bzw. den Überdruck, um Wasser in den Boden hineinzubringen. *Nitzsch*<sup>41)</sup> versuchte, die Krümeleigenschaften des Bodens in Verbindung mit der Wasseranlagerung an die Bodenkolloide zu bringen, auch über die Bildung der Pflugsohle stellte er entsprechende Untersuchungen an. Der Einfluß des Zwischenfruchtbaues auf den Wasserhaushalt des Bodens wurde von *Opitz*<sup>42)</sup>, *Ehrenberg*<sup>43)</sup> u. a. studiert, da die Möglichkeit der Befriedigung der durch den Zwischenfruchtbau erhöhten Wasseransprüche für die Ausdehnung des Zwischenfruchtbaues von wesentlicher Bedeutung ist. Für die Bewässerung arbeitete *Janert*<sup>44)</sup> ein System der Untergrundbewässerung aus; *Freckmann*<sup>45)</sup> untersuchte die Anwendungsmöglichkeiten und die technische Ausführung der Beregnung; er berechnet, daß 40% unserer Nutzfläche bewässerungsbedürftig sind.

### 4. Bodenbiologie.

Die Beobachtung, daß Kalk, im Widerspruche zu dem, was man auf Grund der Gesetze der Austauschadsorption erwarten sollte, im Boden die Löslichkeit von Kali herabsetzte, konnte *Jenny*<sup>46)</sup> dadurch erklären, daß die Kalkung eine Vermehrung der Bodenbakterien bewirkte und daß diese das Kali festlegten, während unter sterilen Bedingungen Kali durch Kalk auf den gleichen Böden löslicher gemacht wurde.

Eine neue Theorie über die Stickstoffbindung vor allem in tropischen Böden stellten *Dhar* und *Mukerjee*<sup>47)</sup> sowie *Rao*<sup>48)</sup> auf. Sie fanden bei ihren Versuchen, daß die Stickstoffbindung nicht durch Bakterien, sondern im wesentlichen durch eine Wirkung des Sonnenlichtes erfolgt, das bei Gegenwart von energieliefernden Stoffen Stickstoffoxyde bildet. *Fraps*<sup>49)</sup> hält dagegen die Photonitrifizierung praktisch für bedeutungslos.

Bei der Untersuchung der Rolle von Azotobakter im Boden fand *Berezova*<sup>50)</sup>, daß eine Impfung des Bodens mit Azotogen auch bei reichlicher Stickstoffversorgung günstig wirkte, daß also die fördernde Wirkung von Azotobakter nicht nur auf der Stickstoffbindung beruht.

*Demolon*<sup>51)</sup> erklärt die Bodenmüdigkeit gegen Leguminosen durch das Auftreten von Bakteriophagen, die einen virusartigen Charakter haben.

## II. Pflanzenernährung.

### 1. Assimilation.

Bei der Nachprüfung des *Mitscherlich*schen Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren erwies es sich als nützlich, nicht die Wirkung wechselnder Ernährungsbedingungen auf die gesamte Pflanze, also auf das komplizierte System sämtlicher in der Pflanze vor sich gehenden Lebensvorgänge, zu verfolgen, sondern ihre Wirkung auf einzelne Lebensprozesse. So wurde der grundlegende Lebensprozeß der Pflanzen, die Assimilation, durch direkte Messung der Kohlensäureaufnahme eingehend studiert. *Gaßner* und *Goeze*<sup>52)</sup> arbeiteten dazu eine Versuchsmethodik aus, bei welcher Weizenpflanzen im künstlichen Licht unter genau kontrollierten Bedingungen herangezogen wurden; dann wurden die Blätter abgeschnitten, und in einem Assimilationsraum wurde durch Feststellung der von ihnen aufgenommenen  $CO_2$ -Mengen der Einfluß der Ernährung der Pflanzen auf die Assimilation verfolgt. *Allen* und *Goeze*<sup>53)</sup> vervollkommneten diese Apparatur und bestätigten, daß bei Benutzung intakter lebender Pflanzen die gleichen Ergebnisse erzielt werden wie bei der bequemeren Untersuchung abgeschnittener Blätter. Sie verfolgten insbesondere den Einfluß der Kali-Stickstoff-Versorgung auf die Assimilation; nur bei ausreichender Versorgung mit beiden Nährstoffen war die Assimilation optimal zu gestalten. Zu dem gleichen Ergebnis kam auch *Pirson*<sup>54)</sup> bei Assimilationsuntersuchungen an der Alge *Chlorella*. Bei Stickstoffmangel wurde die Assimilation durch Stickstoffzufuhr, bei Kalimangel durch Kalizufuhr erhöht. Die Steigerung der Assimilation durch Kali erfolgte sofort, ohne daß dabei erst der Chlorophyllgehalt anstieg.

### 2. Umwandlung der Kohlenhydrate.

Die Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Nährstoffen zeigt sich auch bei der weiteren Umsetzung der im Blatt zunächst gebildeten Assimilate. *Sissjakan*<sup>55)</sup> fand bei Zuckerrüben, daß Nitratstickstoff die Intensität der Wanderung der bei der Assimilation gebildeten Kohlenhydrate vom Blatt in die Wurzeln steigerte und den Gehalt an reduzierendem Zucker verminderte. Phosphorsäuremangel erhöhte den Gehalt an reduzierendem Zucker im Blatt sowie an „schädlichem Stickstoff“ in den Wurzeln. Dem Kali schreibt *Turtschin*<sup>56)</sup> besondere Bedeutung zu bei dem Aufbau polymerisierter Kohlenhydrate aus Glucose. Bei Kalimangel häuft sich infolge Verhinderung des Aufbaus höhermolekularer Kohlenhydrate die Glucose in den Blättern an. Nach *Arenz*<sup>57)</sup> wirkt gleichfalls Kali fördernd auf die Kohlenhydratbildung. Er verglich die Wirkung von Nitrat- und Ammoniakstickstoff bei verschiedenen Nährstoffverhältnissen; Ammoniakstickstoff wirkte bei Kalimangel ungünstig auf die Pflanzen, bei gleichzeitiger Kaligabe ließen sich die Schäden ausgleichen. *Maiwald*<sup>58)</sup> fand ebenfalls bei der Kohlenhydratbildung eine starke Verflechtung der Wirkung von Kali mit der Wirkung von Stickstoff und Phosphorsäure.

### 3. Eiweißbildung.

Beim Aufbau von Eiweiß aus Eiweißbausteinen ist nach *Turtschin*<sup>56)</sup> neben Stickstoff eine genügende Versorgung der Pflanze mit Kali notwendig. Bei den Versuchen von *Allen* und *Goeze*<sup>53)</sup> stiegen die relativen Eiweißwerte (Eiweiß-N in Prozent des Gesamt-N) ebenso wie die Assimilationswerte mit steigenden Kaligaben zunächst an; oberhalb einer gewissen Kalimenge blieb bei weiterer Steigerung der Kaligaben der Eiweißgehalt konstant, während die Assimilation noch weiter stieg. *Allen* und *Rautenberg*<sup>59)</sup> verfolgten den Eiweißaufbau mit Hilfe neuer analytischer Untersuchungsmethoden; ihre Versuche zeigten, daß bei Kalimangel der Gehalt an nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen in der Pflanze erhöht wird, der Eiweißgehalt wird durch steigende Kaligaben während der Zeit des stärksten Wachstums günstig beeinflusst, im übrigen bleibt er konstant.

<sup>35)</sup> Tagung der 1. Komm. der Intern. Boderkd. Ges. Bangor 1939.

<sup>36)</sup> W. Kubiena, Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde A 31, 255 [1933]. Forschungsdienst 11, 104 [1938].

<sup>37)</sup> F. Allen, Trans. 1st Comm. Int. Soc. Soil Sci. A 46 [1938].

<sup>38)</sup> F. Sekera, Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde A 30, 26 [1933].

<sup>39)</sup> l. c. 24).

<sup>40)</sup> R. K. Schofield, Trans. 1st Comm. Int. Soc. Soil Sci. A 38 [1938].

<sup>41)</sup> W. v. Nitzsch u. Czeratzki, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 18, 1 [1940].

<sup>42)</sup> K. Opitz, Dtsch. Landwirtschaftl. Presse 63, 169 [1936].

<sup>43)</sup> P. Ehrenberg, Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde A 37, 315 [1935].

<sup>44)</sup> H. Janert, Forschungsdienst 5, 71 [1938].

<sup>45)</sup> W. Freckmann, Dtsch. Wasserwirtschaft. 17, 229 [1937].

<sup>46)</sup> H. Jenny u. E. S. Shade, J. Amer. Soc. Agronom. 26, 162 [1934].

<sup>47)</sup> N. Dhar u. S. Mukerjee, Proc. nat. Acad. Sci., India 6, 3; 7, 140 [1937].

<sup>48)</sup> S. Rao, Current Sci. 7, 59 [1938].

<sup>49)</sup> G. Fraps u. A. Steiger, Soil Sci. 39, 85 [1935].

<sup>50)</sup> E. Berezova, A. Naumova u. E. Rasnizina, O. R. [Doklady] Acad. Sci. URSS [russ.] 18, 357 [1938].

<sup>51)</sup> A. Demolon u. I. Dunez, O. R. hebdom. Séances Acad. Sci. 202, 1704 [1936].

<sup>52)</sup> Gaßner u. Goeze, Ber. dtsh. bot. Ges. 50, 412 [1932].

<sup>53)</sup> F. Allen, G. Goeze u. H. Fischer, Forschungsdienst, Sonderh. 7, 115 [1937].

<sup>54)</sup> A. Pirson, Ernähr. Pflanze 36, 25 [1940].

<sup>55)</sup> N. Sissjakan, Bull. Acad. Sci. URSS 1938, 309.

<sup>56)</sup> Th. Turtschin, Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde 35, 343 [1934].

<sup>57)</sup> P. Arenz, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 8, 182 [1938].

<sup>58)</sup> K. Maiwald, Forschungsdienst Sonderh. 7, 121 [1938].

<sup>59)</sup> F. Allen, E. Rautenberg u. H. Loofmann, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 19, 22 [1940].

#### 4. Fettbildung.

*Schmalfuß*<sup>60)</sup> sowie *Opitz*<sup>61)</sup> untersuchten bei Lein die Beziehungen der Kali- und Stickstoffversorgung zum Fettgehalt und zur Beschaffenheit des Fettes. *Schmalfuß* konnte einen günstigen Einfluß, insbesondere der Düngung mit Sulfaten, auf den Gehalt des Leinöls an trocknenden Ölen feststellen.

#### 5. Atmung.

Für den Energiehaushalt der Pflanze von großer Bedeutung ist die Frage, welcher Anteil der durch die Tätigkeit der Blätter gebildeten Assimilate durch die Kohlensäureausscheidung der Wurzeln wieder verbraucht wird. *Allen* und *Gottwick*<sup>62)</sup> gelang es, die Kohlensäureausscheidung durch die Wurzeln über längere Zeiträume quantitativ zu bestimmen, indem sie in Wasserkulturen die Wurzeln durch eine besondere Vorrichtung luftdicht mit einem Quecksilberschluß abschlossen. Sie fanden, daß die Wurzelausscheidung an CO<sub>2</sub> etwa zehnmal so hoch ist, wie dem Kationengehalt der Ernte entspricht, während man bisher annahm, daß sie diesem gleich sei.

#### 6. Nährstoffaufnahme.

Für die Erklärung der Gesetzmäßigkeiten der Aufnahme der verschiedenen Nährstoffe legte *D'Ans*<sup>63)</sup> eine physikalisch-chemische Betrachtungsweise zugrunde, bei der hauptsächlich die verschiedene Diffusionsgeschwindigkeit der Ionen sowie das Verschwinden von Nitrationen durch Bildung organischer Substanz als ausschlaggebend betrachtet werden, da dieses zur Ausbildung eines Konzentrationsgefälles sowie zur Entstehung von H-Ionen führt, die durch die Wurzeln ausgeschieden werden. Für die Beurteilung der Nährstoffaufnahme sehr wichtig würde eine Bestätigung der Befunde von *Ahrens*<sup>64)</sup> sein, daß große Mengen von Nährstoffen durch die Blätter ausgeschieden und durch den Regen abgewaschen werden; eine einwandfreie Bestätigung hat sich bisher noch nicht erhalten lassen.

Was die Aufnahme der verschiedenen Mineralstoffe im besonderen betrifft, so wurden in zahlreichen Arbeiten Wechselwirkungen der verschiedenen Mineralstoffe aufeinander untersucht. Die von *Lemmermann* behauptete Verbesserung der Phosphorsäureausnutzung durch Kieselsäure wird von *Krüger* und *Wimmer*<sup>65)</sup> bestritten. *Okawa*<sup>66)</sup> fand dagegen, daß Kieselsäure die Aufnahme der Phosphorsäure bei den Reispflanzen erhöht. Nach *Achromeiko*<sup>67)</sup> beeinflusst die Kieselsäure den Phosphorsäurehaushalt der Pflanze dadurch, daß die Zugänglichkeit der Phosphorsäure für die Wurzeln erhöht wird, und daß eine allgemeine Steigerung der Lebensfunktionen der Pflanze bewirkt wird, wodurch die Phosphorsäure ökonomischer ausgenutzt wird. Den Eintritt von Phosphorsäure durch die Membranen kann dagegen SiO<sub>2</sub> nicht erhöhen, das Donnan-Gleichgewicht kann also nicht zur Erklärung herangezogen werden. Eine Verbesserung der Aufnahme von Phosphorsäure durch ausreichende Versorgung mit Magnesia wurde von *Dix*<sup>68)</sup> zur Erklärung der günstigen Magnesiawirkung herangezogen. Bei Versuchen von *Schmitt*<sup>69)</sup> konnten Bodensäureschäden außer durch Kalk auch durch schwefelsaure Magnesia behoben werden; nach *Gehring*<sup>70)</sup>, *Lemmermann*<sup>71)</sup>, *Balks*<sup>72)</sup> wäre aber die starke Wirkung der Magnesia auf sauren Böden als Behebung eines tatsächlichen Magnesiamangels aufzufassen. *Van Itallie*<sup>73)</sup>, der die Magnesiamangelerscheinungen an Getreidepflanzen studierte, kommt zur Ansicht, daß wahrscheinlich nicht nur der Magnesiamangel die beobachteten Schäden verursacht, sondern daß auch Säureschäden nebenher laufen. *Carolus*<sup>74)</sup> beobachtete, daß bei einem Boden, der ungedüngt genügend Kalk und Magnesia lieferte, durch NPK-Düngung die Aufnahme dieser Nährstoffe

stark herabgesetzt wurde, so daß Kalk- und Magnesiamangel das Wachstum beschränkten. *Allen* und *Orth*<sup>75)</sup> bestätigten, daß die Summe der Kationen K, Na, Ca, Mg in der Pflanze annähernd konstant ist, daß also Steigerung der Aufnahme eines derselben von der Herabsetzung der Aufnahme anderer begleitet ist. *Chucka*<sup>76)</sup> fand, daß lösliche Verbindungen des Magnesiums zur Vermeidung von Magnesiamangelschäden bei Kartoffeln geeigneter waren als Dolomit. *Tiedjens* und *Schermerhorn*<sup>77)</sup> schreiben dem Verhältnis von aufnehmbarem Calcium zu Kalium und Natrium einen entscheidenden Einfluß auf Keimung und vegetatives Wachstum zu, was durch die verschiedene Beeinflussung der Plasmahydratation durch diese Kationen erklärt wird. Nach *Clark*<sup>78)</sup> ist Eisen in Form von organischen Salzen leichter aufnehmbar als in Form von anorganischen Salzen, da sich komplexe Anionen bilden, die durch Alkalien nicht ausgefällt werden. Eine Erhöhung des Ca-Gehaltes der Pflanze durch Chlor betrachtete *Masajewa*<sup>79)</sup> als Ursache für schädliche Wirkungen der Chloriddüngung; Chloempfindlichkeit und Calciumfeindlichkeit der Pflanze gehen Hand in Hand. Dieser Ansicht schließt sich auch *Boresch*<sup>80)</sup> zur Erklärung der Blattbrandkrankheit der Johannisbeere an, die bei Düngung mit Chloriden auftritt.

#### 7. Spurenelemente.

Neben den als Hauptnährstoffe betrachteten anorganischen Stoffen fanden auch die sogenannten Spurenelemente eingehende Berücksichtigung. *Brandenburg*<sup>81)</sup> wies auf die Notwendigkeit von Bor für die Verhütung der Herz- und Trockenfäule bei der Zuckerrübe hin. *Jelkina*<sup>82)</sup> beobachtete günstige Wirkungen von Bor in Gegenwart von Calcium bei Tabak, Citronen, Tomaten, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung der Wachstumspunkte. Bormangel äußert sich bei Blumenkohl in Markbräune des Strunkes (*Hartmann*<sup>83)</sup>), bei Citrus durch Rindenschädigungen (*Haas*<sup>84)</sup>), sowie durch einen verminderten Gehalt an Zucker und Pektinen, einen geringeren Saftgehalt und eine verdickte Schale (*Morris*<sup>85)</sup>). Nach *Brandenburg*<sup>86)</sup> kann die Glasigkeit von Steckrüben durch Bördüngung verhindert werden. *Krügel* und *Dreyspring*<sup>87)</sup> stellten fest, daß eine schädliche Anhäufung von Bor durch Anwendung borhaltiger Dünger nicht zu befürchten ist, da der Überschuß an Bor ausgewaschen wird. Nächste dem Bor wurde auch die Wirkung von Kupfer eingehend untersucht. Nach *Rademacher*<sup>88)</sup> bewirkt Kupfermangel auf Heide- und Moorböden Chlorophylldefekte sowie eine Benachteiligung der generativen gegenüber der vegetativen Phase der Pflanzen. Die Urbarmachungskrankheit ist nach seinen Befunden eine Kupfermangelerscheinung und durch Kupfer zu bekämpfen, auch kupferhaltige Rückstände sind wirksam. Futter, das mit Kupfersulfat gedüngt ist, verhütet nach *Nicolaisen*<sup>89)</sup> das Auftreten von Lecksucht. Das Auftreten von Herzfäule bei Erbsen konnte *Ovinge*<sup>90)</sup> durch Mangansulfat verhindern; sogar durch Benetzung der Pflanzen zur Zeit der Blüte ließ sich der Befall noch auf die Hälfte reduzieren. *Dickhay* und *Ruether*<sup>91)</sup> konnten durch Mangansulfat die Chlorose verschiedener Pflanzen verhüten. *Weigert* und *Fürst*<sup>92)</sup> stellten die günstige Wirkung von Mangan, Bor, Kupfer in Feldversuchen auf Moorböden fest. Auf die Bedeutung des Mn-Gehaltes von Thomasphosphat wiesen *Rademacher*<sup>93)</sup> und *Gericke*<sup>94)</sup> hin. *Pfeil* stellte fest, daß die Zustandsform des Mangans auf die katalytische Kraft gesunder und säurekranker Böden von Einfluß ist. Zinksulfat erwies sich nach *Millikan*<sup>95)</sup> günstig bei Getreide, es erhöhte die Widerstandsfähigkeit gegen Boden-

<sup>60)</sup> *Schmalfuß*, ebenda 5, 37 [1937].

<sup>61)</sup> *K. Opitz* u. *E. Egglihuber*, Pflanzenbau 16, 49 [1939].

<sup>62)</sup> *F. Allen* u. *R. Gottwick*, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 13 (58), 353 [1939].

<sup>63)</sup> *J. D'Ans*, diese Ztschr. 50, 175 [1937].

<sup>64)</sup> *K. Ahrens*, Jahrb. f. wiss. Bot. 80, 248 [1934].

<sup>65)</sup> *Krüger* u. *Wimmer*, Z. Ver. dtsh. Zuckerind. 80, 771 [1930].

<sup>66)</sup> *Kutsaku Okawa*, J. Sci. Soil Manure, Japan 10, 420 [1936].

<sup>67)</sup> *A. Achromeiko*, Volkskommissariat Schwerind. 126, 103 [1935].

<sup>68)</sup> *W. Dix* u. *St. Bischof*, Z. Pflanzenernähr., Düng.-Bodenkunde 18, 158 [1930].

<sup>69)</sup> *L. Schmitt*, ebenda 42, 129 [1930].

<sup>70)</sup> *A. Gehring*, Prakt. Bl. f. Pflb. u. Pflsch. 6, 287 [1929].

<sup>71)</sup> *O. Lemmermann*, *Jessen* u. *Lesch*, Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde 11, 489 [1932].

<sup>72)</sup> *R. Balks* und *O. Wehrmann*, Ernähr. Pflanze 34, 145 [1938].

<sup>73)</sup> *van Itallie*, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 5, 303 [1937].

<sup>74)</sup> *R. Carolus*, Plant Physiol. 13, 349 [1928].

<sup>75)</sup> *F. Allen* u. *H. Orth*, Ernähr. Pflanze 36, 13 [1940].

<sup>76)</sup> *I. Chucka*, Proc. Amer. Soc. horticult. Sci. 35, 534 [1938].

<sup>77)</sup> *F. Tiedjens* u. *L. Schermerhorn*, Soil Sci. 42, 419 [1936].

<sup>78)</sup> *N. Clark*, Proc. Iowa Acad. Sci. 43, 185.

<sup>79)</sup> *M. Masajewa*, Bull. Acad. Sci. URSS [russ.] 477 [1938].

<sup>80)</sup> *Boresch*, K., Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 14, (59) 250 [1939].

<sup>81)</sup> *E. Brandenburg*, Forschungsdienst Sonderh. 7, 160 [1938].

<sup>82)</sup> *G. Jelkina*, Ind. chimique 25, 294 [1938].

<sup>83)</sup> *I. Hartmann*, Proc. Amer. Soc. horticult. Sci. 35, 518—525 [1938].

<sup>84)</sup> *A. Haas*, Soil Sci. 43, 317 [1937].

<sup>85)</sup> *A. Morris*, J. Pomol. horticult. Sci. 16, 167 [1938].

<sup>86)</sup> *E. Brandenburg*, Wochenbl. d. L. B. Schleswig-Holstein 51, 1052 [1936].

<sup>87)</sup> *C. Krügel*, *C. Dreyspring* u. *R. Lotthammer*, Superphosphat 13, 99 [1937].

<sup>88)</sup> *B. Rademacher*, Forschungsdienst, Sonderh. 7, 149 [1938]; Metall u. Erz 34, 402 [1937].

<sup>89)</sup> *W. Nicolaisen* u. *W. Seelbach*, Forschungsdienst 5, 383 [1938].

<sup>90)</sup> *A. Ovinge*, Tijdschr. Plantenziekten 44, 208 [1938].

<sup>91)</sup> *R. Dickhay* u. *W. Ruether*, Proc. Amer. Soc. horticult. Sci. 35, 762 [1938].

<sup>92)</sup> *J. Weigert* u. *F. Fürst*, Prakt. Blätter f. Pflb. u. Pflsch. 17, 117 [1930].

<sup>93)</sup> *Rademacher*, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 19, 166 [1940].

<sup>94)</sup> *S. Gericke*, ebenda 19, 187 [1940].

<sup>95)</sup> *Millikan*, J. Dep. Agric., Victoria 36, 400 [1938].

pilze und Bodenälchen und verhütete Maischlorose. *Parker*<sup>96)</sup> konnte durch Bespritzen mit Zinkbrühe die durch übermäßige  $P_2O_5$ -Düngung hervorgerufene Gelbfleckigkeit von Citrusbäumen verhüten, ebenso heilte er die Blattfleckkrankheit von Grapefruitbäumen. *Bortels*<sup>97)</sup> wies darauf hin, daß Molybdän- und Vanadiumdüngung auf leichten Böden die Entwicklung von Azotobakter sowie die Stickstoffbindung und das Wachstum der Leguminosen fördert. *Steinberg*<sup>98)</sup> fand eine bessere Ausnutzung von Stickstoff durch *Aspergillus* in Anwesenheit von Molybdän, die er durch Aktivierung der Nitratreduktase erklärt. Nach *Warrington*<sup>99)</sup> zeigte sich eine giftige Wirkung von Molybdän bei Solanaceen durch Gelbverfärbung der Sprossen, bei Kartoffeln insbesondere durch eine rötlich-gelbe Verfärbung der Knollen, die durch Bildung von Tannin-Molybdän-Verbindungen in den Geweben entsteht. *Askew*<sup>100)</sup> beobachtete eine gute Wirkung von Kobalt zur Verhütung gewisser Weidekrankheiten in Neu-Seeland. Bei Untersuchungen über die Notwendigkeit einer Jodzufuhr wurde von *Gauß* und *Griesbach*<sup>101)</sup> festgestellt, daß der Jodgehalt unserer Pflanzen nicht unter das notwendige Maß gesunken ist, obgleich die früher mit dem Chilesalpeter verabreichte Jodzufuhr eingestellt worden ist. Nach neueren Untersuchungen von *Cauer*<sup>102)</sup> bedarf diese Frage aber der Nachprüfung, da der Jodgehalt der Luft in den mitteleuropäischen Ländern in den letzten Jahren infolge der Einstellung der Jodfabrikation aus Seetang in der Bretagne weiter auf einen geringen Bruchteil abgesunken ist. Eine günstige Wirkung von Schwefel ziehen *Krügel* und *Dreyspring*<sup>103)</sup> heran, um die bessere Wirkung von Superphosphat in gewissen Fällen durch seinen Gipsgehalt zu erklären. Auch *Balks*<sup>104)</sup> weist auf die Vorteile des Schwefels im schwefelsauren Kali hin.

### 8. Symbiose von Pflanzen mit Bakterien und Pilzen.

Zur Erklärung der Wirkung der Knöllchenbakterien von Leguminosen stellte *Virtanen*<sup>106)</sup> die Theorie auf, daß die Knöllchen l-Asparaginsäure bilden und daß die Sonderstellung der Leguminosen darauf beruht, daß diese die Asparaginsäure als Stickstoffquelle benutzen können, während andere Pflanzen deren Stickstoffgehalt erst nach Nitrifikation verwerten können. Er fand ferner, daß die Wurzelknöllchen der Erbsen nicht nur in Symbiose, sondern auch, von der Wurzel abgeschnitten, in sterilem Sand in Gegenwart von Oxalessigsäure Stickstoff fixieren können. Eine Nachprüfung dieser Versuche führte noch nicht zu einer Bestätigung (*Scholz*<sup>106)</sup>). Nach *Allison*<sup>107)</sup> wird die Knöllchenbildung der Leguminosen von einem hohen Kohlenhydratgehalt der Wurzeln günstig beeinflusst. Der Rückgang der Knöllchenbildung bei Gegenwart von Stickstoff hängt in erster Linie von dem durch die starke Stickstoffaufnahme bedingten Rückgang der Kohlenhydrate ab.

### 9. Hormonwirkungen.

Die von *Kögl*<sup>108)</sup> entdeckte Wirkung von Hormonen auf das Pflanzenwachstum wurde von *Nehring*<sup>109)</sup> nachgeprüft. Es wurde vorgeschlagen, Stecklinge zur Förderung der Wurzelbildung mit Indolyl-Essigsäure bzw. ihren Estern zu behandeln.

*Kostiuseenko*<sup>110)</sup> fand, daß bei Winterweizen, der bei niedriger Temperatur gereift ist, das Saatkorn an der Pflanze eine Jarowisation (Kältekeimstimmung) durchmacht, welche die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte verringert und den Ertrag drückt. Für kältere Gebiete ist daher ein Saatwechsel mit Weizen aus wärmeren Gebieten vorteilhaft. Nach *Minina*<sup>111)</sup> ist die Mineraldüngung ein wichtiger Faktor bei der Geschlechtsbestimmung von Pflanzen. Nach dieser Theorie der physikalisch-chemischen Sexualisierung wird das Ver-

hältnis von männlichen zu weiblichen Blüten durch Kali verändert, indem die Anhäufung von Kohlenhydraten eine Erhöhung des Oxydations-Reduktions-Potentials bewirkt, wodurch eine männliche Sexualisation hervorgerufen wird.

Um festzustellen, ob Samen noch lebensfähig ist, prüfte *Gurewitsch*<sup>112)</sup> die Atmung der Zellen. *Eidmann*<sup>113)</sup> arbeitete auf dieser Grundlage ein Verfahren aus, bei dem als Reagens Natriumselenit benutzt wird.

### 10. Qualität der Ernteerzeugnisse.

Einen großen Umfang nahmen im vergangenen Jahrzehnt Untersuchungen über den Einfluß der Düngung auf die Qualität der Ernteprodukte ein. Allgemein konnte festgestellt werden, daß eine sachgemäße Anwendung der Handelsdünger nicht nur die Erträge steigert, sondern auch auf die Qualität von günstigem Einfluß ist<sup>114)</sup>. Um dies eindeutig nachweisen zu können, erwies es sich als wünschenswert, die früher meist angewandte subjektive Methode der Geschmacksprüfung durch objektive Methoden zu ersetzen, die eine zahlenmäßig exakte Kennzeichnung der Qualität ermöglichen. Für diese Bestrebungen setzte sich vor allem *Giesecke*<sup>115)</sup> ein. Untersuchungen über den Gehalt von Heil- und Würzpflanzen an ätherischen Ölen und Alkaloiden führte *Boshart*<sup>116)</sup> durch. *Schuphan*<sup>117)</sup> untersuchte die Beziehungen zwischen der Düngung und dem dadurch verhüteten Schwarzkochen von Sellerie sowie dem Gehalt an ätherischen Ölen. *Jacob*<sup>118)</sup> verfolgte den Einfluß der Kalidüngung auf die chemische Zusammensetzung und den Geschmack von Ernteprodukten; *Pfützer* und *Pfaff*<sup>119)</sup>, *Ott*<sup>120)</sup>, *Balks*<sup>121)</sup> stellten umfassende Untersuchungen über die Wirkung der Düngung auf verschiedene die Qualität beeinflussende Eigenschaften der Pflanze an. *Vogel*<sup>122)</sup> arbeitete ein System einer experimentellen Prüfung von Gemüsen auf Haltbarkeit aus. *Pelshenke*<sup>123)</sup> und *Scharnagel*<sup>124)</sup> konnten zeigen, daß die Düngung nicht nachteilig auf die Backfähigkeit von Brotgetreide wirkt. *F. König*<sup>125)</sup> berichtete über die Verbesserung der Futterqualität durch Kaliphosphatdüngung. Ebenso erhöhte nach *Nehring*<sup>126)</sup> die PK-Düngung bei Moorwiesen die Verdaulichkeit des Futters. *Giesecke* und *Schmalzfuß*<sup>127)</sup> fanden bei Lein eine Verbesserung der Qualität durch richtig bemessene Düngung.

Der Vitamingehalt der Pflanze in seiner Abhängigkeit von der Düngung wurde von *Ott*<sup>128)</sup>, *Pfützer* und *Pfaff*<sup>129)</sup>, *Balks*<sup>130)</sup> und *Schuphan*<sup>131)</sup> untersucht. Sie fanden, daß der Gehalt an Vitamin A und C insbesondere durch eine zweckmäßige Volldüngung gesteigert wurde. *Scheunert*<sup>132)</sup>, der die Vitaminbestimmung durch den Tierversuch vornahm, konnte eine Steigerung nicht beobachten und ist der Ansicht, daß der Vitamingehalt von der Düngung unabhängig ist.

## III. Düngerlehre.

### 1. Wirtschaftseigene Dünger.

#### a) Stallmist.

Die Bestrebungen des Reichsnährstandes, die Pflege des Stallmistes zu verbessern, führten zu einer eingehenden Prüfung der verschiedenen Behandlungsmethoden des Stallmistes. Von chemischer Seite aus wurden vor allem die Vorgänge untersucht, die bei der Verrottung des Stallmistes vor sich gehen. Es hat sich dabei herausgestellt, daß eine sachgemäße Verrottung des Stallmistes Voraussetzung für die Erzeugung von wertvollem Humus ist. Von den verschiedenen Verfahren

<sup>96)</sup> E. Parker, Proc. Amer. Soc. horticult. Sci. **35**, 217 [1938]; *Hilgardia* **11**, 35 [1937].

<sup>97)</sup> H. Bortels, Arch. Mikrobiol. **8**, 1 [1937].

<sup>98)</sup> R. Steinberg, J. agric. Res. **55**, 891 [1937].

<sup>99)</sup> K. Warrington, Ann. appl. Biol. **24**, 475 [1937].

<sup>100)</sup> Askew, New Zealand J. Sci. Technol. Sect. A. **20**, 106 [1938].

<sup>101)</sup> W. Gauß u. R. Griesbach, Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde Abt. A **13**, 1 [1929].

<sup>102)</sup> Cauer, Beilheft zu der Ztschr. des V.D.G., Nr. 34, auszugsweise veröffentlicht diese Ztschr. **52**, 625 [1939].

<sup>103)</sup> C. Krügel, C. Dreyspring, F. Heinrich, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. **9/10**, 625 [1938].

<sup>104)</sup> R. Balks, Ernähr. Pflanze **35**, 194 [1939].

<sup>105)</sup> A. Virtanen u. T. Laine, Suomen Kemistilehti **10**, 24, 32 [1937].

<sup>106)</sup> W. Scholz, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. **15** (60), 47 [1939].

<sup>107)</sup> F. Allison, Soil Sci. **39**, 123 [1935].

<sup>108)</sup> F. Kögl, Chemiker-Ztg. **61**, 25 [1937].

<sup>109)</sup> Nehring u. Möbius, Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde **44**, 95 [1936].

<sup>110)</sup> I. Kostiuseenko, Bull. Akad. Sci. URSS. **13**, 589 [1932].

<sup>111)</sup> J. Minina u. W. Gussewa, Chemisat. soz. Agric. **6**, 47, 448 [1937].

<sup>112)</sup> Gurewitsch, Ber. dtsch. bot. Ges. **53**, 303 [1935].

<sup>113)</sup> J. Eidmann, Forschungsdienst, Sonderh. **11**, 249 [1938].

<sup>114)</sup> Kassel, Tagung „Qualitätsforschung“ der Reichsarbeitsgemeinschaft Landwirtschaftschemie, Ernähr. Pflanze **66**, 98 [1940].

<sup>115)</sup> F. Giesecke, Ernähr. Pflanze **36**, 98 [1940]. (Vortrag Kassel erscheint als Sonderband der Ztschr. „Der Forschungsdienst“, Ergebn. d. Agrikulturchem. **3**, 189 [1934].)

<sup>116)</sup> K. Boshart, Forschungsdienst, Sonderh. **8**, 429 [1938].

<sup>117)</sup> W. Schuphan, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. **2**, 255 [1936].

<sup>118)</sup> A. Jacob, Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde **37**, 1 [1935].

<sup>119)</sup> G. Pfützer u. C. Pfaff, diese Ztschr. **50**, 179 [1937]; Forschungsdienst **7**, 104 [1938].

<sup>120)</sup> M. Ott, Forschungsdienst **5**, 546 [1938].

<sup>121)</sup> R. Balks u. E. Pommer, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. **9/10**, 724 [1938].

<sup>122)</sup> F. Vogel, Ernähr. d. Pflanze **33**, 229 [1937].

<sup>123)</sup> P. Pelshenke, Forschungsdienst **1**, 377 [1936].

<sup>124)</sup> Scharnagel, Ernähr. Pflanze **30**, 130 [1934].

<sup>125)</sup> F. König, ebenda **33**, 189 [1937].

<sup>126)</sup> K. Nehring, Landwirtsch. Jb. **86**, 245 [1938].

<sup>127)</sup> F. Giesecke u. Schmalzfuß, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. **4**, 340 [1937].

<sup>128)</sup> L. c. 130.

<sup>129)</sup> L. c. 119.

<sup>130)</sup> R. Balks u. E. Pommer, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. **9/10**, 724, 732 [1938].

<sup>131)</sup> W. Schuphan, Forschungsdienst **9**, 323 [1940].

<sup>132)</sup> A. Scheunert, diese Ztschr. **53**, 119 [1940].



haben sich die Herstellung von Stalmist („feucht und fest“), von Heißmist nach *Krantz*, und das Tiefstallmistverfahren als gleichwertig erwiesen (*Scheffer*<sup>133</sup>). Nach *Kertscher*<sup>134</sup> hat der Stalmist geringere Verluste an Trockenmasse und an Stickstoff aufzuweisen. *Maiwald*<sup>135</sup> strebte eine Verbesserung der Entnahme einer Durchschnittprobe von Stalmist an durch Anlegung von Mistpaketen in Maschendrahtumhüllung nach der Profilmethode unter Einbau von Fernthermometern. Bei der Zersetzung des Stalmistes sind nach den Untersuchungen von *Maiwald* am raschen Temperaturanstieg hauptsächlich Coli- und aerogene Bakterien beteiligt. Im späteren Verlauf der Rotte nimmt aber ihre Bedeutung ab.

Nach den Untersuchungen von *Glathe*<sup>136</sup> bedingen die bei der Heißmistbereitung auftretenden Erwärmungen eine Abtötung der aeroben Bakterien, also eine partielle Sterilisation. Es entsteht ein alkalischer Dünger. Bei einer Vergärung unterhalb 30° entsteht ein saurer Dünger. Die aeroben Bakterien werden dabei stark abgetötet, die Colibakterien bleiben erhalten. Um Verluste bei der Stalmistgärung zu verhüten, wurde der Zusatz von Konservierungsmitteln empfohlen, die als Bakteriengifte, Fermentgifte und Bindemittel für Stickstoff wirken. Nach *Siegel* und *L. Meyer*<sup>137</sup> setzt eine Zumischung von 5% Montmorillonit bei der Kaltmistbereitung den Verlust wesentlich herab und drückt auch bei der Heißmistverarbeitung die Stickstoffverluste auf ein Drittel; die Humusbildung wird begünstigt und die Qualität der Humusstoffe, wie der relative Farbwert nach *Simon* anzeigt, verbessert. *Gabriel*<sup>138</sup> empfiehlt eine Konservierung von Stalmist und Jauche durch Zusatz von Superphosphat, Torf und Montmorillonit. *Kertscher*<sup>139</sup> sieht in der Kompostierung von Stalmist mit Erde nicht nur ein Mittel zur Verhütung von Verlusten, sondern auch zur Gewinnung von pflanzenlöslicher Phosphorsäure und zur Bildung von Dauerhumus.

#### b) Kompost.

*Reinhold*<sup>140</sup> und *Vogel*<sup>141</sup> prüften die Herstellung verschiedener Kompostarten insbesondere unter Zusatz von Torf. *Stapp* und *Müller*<sup>142</sup> verfolgten den Zersetzungsgrad von Kompost im Laboratorium durch Messung der Atmungsquote; *Giesecke*<sup>143</sup> benutzte die Acetyl bromidmethode, um die Humusfraktionen im Kompost zu charakterisieren.

Auch in den Tropen hat man der Humusfrage große Aufmerksamkeit zugewandt; da hier der Stalmistgewinnung infolge zu geringer Viehhaltung Grenzen gesetzt sind, sucht man organische Dünger durch Kompostierung zu gewinnen. Ein solches Verfahren ist unter dem Namen Indoreverfahren<sup>144</sup> bekannt geworden. Zusatz von stickstoffreichen jungen Pflanzenteilen soll hierbei die Bakterientätigkeit anregen.

#### c) Abfallstoffe.

Die Tatsache, daß der in der Landwirtschaft anfallende Stalmist nicht ausreicht, um den Humusbedarf unserer Böden zu decken, führte dazu, daß man nach Ersatzstoffen suchte. *Scheffer*<sup>145</sup> lenkte die Aufmerksamkeit darauf, daß das bei der Verarbeitung der Cellulose anfallende Lignin für Düngewecke nutzbar gemacht werden sollte.

*Popp*<sup>146</sup>, *Scheffer*<sup>147</sup> u. a. behandelten das Problem der Verwertung der Fäkalien bzw. der Fäkalienabwässer und des Klärschlammes; die Verwertung des Klärschlammes scheiterte bisher an seiner ungünstigen physikalischen Beschaffenheit. *Pallmann*<sup>148</sup> fand, daß der Naßschlamm besser wirkte als getrockneter Schlamm, Faulschlamm war dem Frischschlamm überlegen. Die Verwertung des Hausmülls wurde von *Pfeil*<sup>149</sup> untersucht, der ihm besonders im Hinblick auf Bodenverbesserung Bedeutung zuschreibt.

Den Humusgehalt der Braunkohle versuchte *Lieske*<sup>150</sup> auszuwerten. Zur Verwertung des Meeresschlicks verdünnt *Heinrich*<sup>151</sup> den Schlick mit Süßwasser und läßt den Sand sich absetzen. Die Schlicklösung wird dann mit Salzen von Erdalkalien ausgefällt, um das überflüssige Wasser wieder zu entfernen, der konzentrierte Schlick läßt sich durch Pumpenleitung transportieren. Für die Verwertung von Steinmehl aus Basalt, Granit usw. wurde eine starke Propaganda durchgeführt, Versuche von *Schmitt*<sup>152</sup> zeigten jedoch, daß das Steinmehl wirkungslos war.

## 2. Handelsdünger.

### a) Stickstoffdünger.

Auf dem Gebiete der Stickstoffdüngemittel ist insbesondere die Herstellung von Kalkammoniak, von Kalkammonsalpeter und von Stickstoffkalkphosphat zu erwähnen. Kalkammonphosphat und Kalkammonsalpeter erwiesen sich nach Untersuchungen von *Schmitt*<sup>153</sup> sowie *Lehmann*<sup>154</sup> insbesondere auf kalkreichen Böden als vollwertige Dünger.

### b) Phosphorsäuredünger.

*Butkewitsch*<sup>155</sup> führte Versuche durch mit chloriertem Phosphorit. Die bei der Entschwefelung von Roheisen mit Soda anfallenden Sodaschlacken werden unter Zusatz von Rohphosphaten nach dem *Röchling*-Prozeß einem Schmelzverfahren unterzogen und *Röchling*-Phosphat, das in seiner Wirkung mit dem Thomasphosphat zu vergleichen ist, gewonnen.

Um die Herz- und Trockenfäule der Rüben sowie andere Bormangelerkrankungen zu bekämpfen, wurde ein Bor-superphosphat in den Handel gebracht.

### c) Kalkdünger.

Als neues Kalkdüngemittel wurde von *Kappen*<sup>156</sup> die Hochofenschlacke empfohlen, die als Neutralisationsmittel dem Kalk gleichwertig ist, wenn sie auch langsamer wirkt; bei ihrer Anwendung werden Überkalkungsschäden leichter vermieden. Ihre gute physikalische Wirkung auf den Boden wird mit dem Gehalt an leicht assimilierbarer Kieselsäure in Verbindung gebracht, u. U. auch mit dem Gehalt an Mangan und Magnesium. *Schmitt*<sup>157</sup> fand eine geringere Ertragssteigerung als mit Kalk, hauptsächlich infolge der langsameren Wirkung. Gut bewährt als Kalkdünger haben sich auch verschiedene Abfallkalken, wie der Oppauer und der Schkopauer Düngekalk.

## 3. Untersuchung der Düngemittel.

*D'Ans*<sup>158</sup> wies darauf hin, daß bei der Bestimmung der citronensäurelöslichen Phosphorsäure eine gesättigte Lösung entsteht und daher vergleichbare Resultate nur erreicht werden, wenn bei der Einwaage von gleichen Phosphatmengen ausgegangen wird. *Rauterberg* und *Knippenberg*<sup>159</sup> arbeiteten die flammenphotometrische Methode der Kalibestimmung für die Bestimmung des Kaligehaltes von Düngemitteln um. *Bartelt*<sup>160</sup> berichtet über die Bestimmung von Spurenelementen in den Düngemitteln nach dem Tauchpunktverfahren. Bei der Untersuchung der Düngemittel benutzte *Brill*<sup>161</sup> die Röntgenanalyse, um festzustellen, ob gewisse Düngemittel chemisch einheitliche Körper sind.

## 4. Feststellung des Düngerbedarfs der Böden.

Für den Düngerbedarf der Böden wurden neue Variationen des Feldversuches von *de Vries*<sup>162</sup> vorgeschlagen, der den Feldversuch als polydimensionales Problem betrachtet; sowie von *Fisher*<sup>163</sup>, der sich insbesondere mit der statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse befaßt. In Deutschland wurden seitens der Reichsarbeitsgemeinschaft Düngung

<sup>133</sup> F. Scheffer, Betriebswirtschaftl. Vortragstagung Berlin, Februar 1939, Sonderh. S. 33—38.

<sup>134</sup> F. Kertscher, Forschungsdienst, Sonderh. 8, 112 [1938].

<sup>135</sup> Maiwald, Forschungsdienst 11, 152 [1938].

<sup>136</sup> H. Glathe, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 17, 117 [1938].

<sup>137</sup> O. Siegel u. L. Meyer, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 7, 190 [1938].

<sup>138</sup> A. Gabriel, Forschungsdienst, Sonderh. 8, 115 [1938].

<sup>139</sup> F. Kertscher, ebenda, Sonderh. 11, 165 [1938].

<sup>140</sup> J. Reinhold, ebenda, Sonderh. 8, 117 [1938].

<sup>141</sup> F. Vogel, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 11, 144 [1938].

<sup>142</sup> C. Stapp u. H. Müller, Arb. biol. Reichsanst. Land- u. Forstwirtschaft. 22, 483 [1939].

<sup>143</sup> L. Schulte, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 14 (59), 310 [1939].

<sup>144</sup> A. Howard, Tropenpflanzer 39, 46 [1936].

<sup>145</sup> F. Scheffer, Forschungsdienst, Sonderh. 8, 125 [1938].

<sup>146</sup> M. Popp, Forschungsdienst 3, 129 [1937].

<sup>147</sup> F. Scheffer, Forschungsdienst, Sonderh. 11, 146 [1938].

<sup>148</sup> H. Pallmann, Schweiz. Landwirtschaft. Monatshefte 14, 261 [1936].

<sup>149</sup> Pfeil, Landwirtschaft. Jb. 87, H. 5, 645 [1939].

<sup>150</sup> R. Lieske u. K. Windsor, Brennstoff-Chem. 16, 24 [1935].

<sup>151</sup> A. Heinrich, Dtsch. Landw. Presse 61, Nr. 24/25 [1934].

<sup>152</sup> L. Schmitt, Forschungsdienst, Sonderh. 8, 144 [1938].

<sup>153</sup> L. Schmitt, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 8, 1 [1938].

<sup>154</sup> W. Lehmann, ebenda 8, 25 [1938].

<sup>155</sup> W. Butkewitsch, Chemisat. soc. Agric. [russ.: 6, 76 [1937].

<sup>156</sup> H. Kappen, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 13, 11 [1939].

<sup>157</sup> L. Schmitt, Landwirtschaft. Jb. 82, 253 [1935].

<sup>158</sup> J. D'Ans u. W. Schuppe, Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 1 356 [1936].

<sup>159</sup> F. Rauterberg u. Knippenberg, Vgl. diese Ztschr. 53, 477 [1940].

<sup>160</sup> O. Bartelt, Forschungsdienst, Sonderh. 7, 144 [1938].

<sup>161</sup> R. Brill, ebenda, Sonderh. 7, 225 [1938].

<sup>162</sup> De Vries, Ernährg. Pflanze 30, 373 [1934].

<sup>163</sup> R. A. Fisher, Statistical Methods for Research Workers Edinburgh, 1930.

für die Durchführung von Düngungsversuchen Richtlinien vorgeschrieben, wodurch eine statistische Auswertung des umfangreichen Materials an Düngungsversuchen ermöglicht wurde.

Von der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft wurde eine internationale Prüfung der verschiedenen Bodenuntersuchungsmethoden vorgenommen, desgleichen vom Reichsnährstand eine Prüfung der verschiedenen für die Untersuchung der deutschen Böden vorgeschlagenen Methoden. Auf Grund der letzteren wurde die *Neubauer-Methode* als offizielle Methode bei der Beratung des Bauern vorgeschrieben. Dies wurde dadurch wesentlich erleichtert, daß die Ausführung der *Neubauer-Methode* durch die flammenphotometrische Bestimmung von Kali auf Grundlage eines von *Schuhknecht* angegebenen Verfahrens und die colorimetrische Bestimmung der Phosphorsäure nach *Zinzadze* bedeutend vereinfacht werden konnte. Nachprüfungen der theoretischen Grundlage der Keimpflanzenmethode wurden von *Neubauer*<sup>164)</sup> und von *Jacob*<sup>165)</sup> in der Weise vorgenommen, daß der seit der letzten Untersuchung erfolgte Rückgang des Gehaltes des Bodens an pflanzenlöslichen Nährstoffen analytisch festgestellt und mit dem inzwischen erfolgten Nährstoffentzug durch die Ernten verglichen wurde. Es ergab sich eine befriedigende Übereinstimmung.

Die Ausarbeitung und Prüfung von Schnellmethoden für die Bodenuntersuchung führte zu dem Ergebnis, daß die durch die Kriegsverhältnisse notwendig gewordenen Massenuntersuchungen des Phosphorsäuregehaltes der deutschen Böden mit Hilfe der *Egner-Methode* vorgenommen werden konnten.

Für die Kalkbestimmung erwies sich als Fortschritt die elektrometrische Titration nach *Goy-Roos*<sup>166)</sup>, für die Bestimmung des Kalkbedarfes in Moorböden die Methode von *Brüne* und *Arndt*<sup>167)</sup>.

Einen Einblick in die Löslichkeitsverhältnisse der Nährstoffe der Böden versucht *Köttgen*<sup>168)</sup> durch die Methode der Ultrafiltration zu gewinnen. Um den Düngbedarf des Bodens zu beurteilen, schlägt *Reinau*<sup>169)</sup> vor, den Boden nach Zusatz von Zucker durch die Wärmeentwicklung zu charakterisieren, die durch die Bodenorganismen, die sich je nach dem verschiedenen Nährstoffgehalt des Bodens mit verschiedener Energie entwickeln, bewirkt wird.

## 5. Anwendungsart der Dünger.

Durch Körnung wurde das Ausstreuen einer Reihe von Düngemitteln erleichtert. Nach Untersuchungen von *Rautenberg*<sup>170)</sup> soll eine lokalisierte Darbietung der Dünger, wie sie durch die gekörnte Form bewirkt wird, infolge Verhinderung der Festlegung eine bessere Ausnutzung ermöglichen. Auf Grund der Beobachtung, daß insbesondere bei der Düngung von Grünland die Nährstoffe in starkem Umfange in der obersten Bodenschicht festgehalten werden, erörterte *Kertscher*<sup>171)</sup> die Möglichkeit der Untergrunddüngung, gegebenenfalls unter Umbruch der Grasnarbe. Die gleiche Überlegung der geringen Beweglichkeit der Düngemittel im Boden führte zur Anwendung der Düngerlauge im Obstbau.

Vor allem in russischen Arbeiten wurde auf die Notwendigkeit hingewiesen, für eine ausreichende Versorgung mit den einzelnen Nährstoffen besonders in der Wachstumsperiode der Pflanze zu sorgen, in welcher sie den betreffenden Nährstoff besonders nötig hat. So fanden *Kurtschatow*<sup>172)</sup> und *Tulaikow*<sup>173)</sup>, daß bei genügenden Wasserverhältnissen eine spätere zusätzliche Stickstoffgabe zu Weizen besser wirkt als eine einmalige Gabe. *Selke*<sup>174)</sup> erzielte eine Verbesserung des

Eiweißgehaltes von Weizen, wenn die normale Stickstoffgabe vor der Saat und eine zusätzliche Gabe nach dem Schossen verabreicht wurde. *Demidenko*<sup>175)</sup> fand, daß eine zusätzliche Kalidüngung während der Blüteperiode von Weizen sehr produktiv ist, daß Phosphorsäure bis zur Entwicklung der Ähre, Stickstoff bis zur Reife vorteilhaft gegeben werden kann. Nach *Strelnikowa*<sup>176)</sup> kann der  $P_2O_5$ -Bedarf der Zuckerrübe nicht durch eine noch so reichliche Ernährung während der ersten beiden Wachstumsmonate befriedigt werden, sondern das intensive Wachstum im August fordert eine nachträgliche Zusatzdüngung mit Phosphorsäure. Bei Flachs (nach *Jegorow*<sup>177)</sup>) und bei Sonnenblumen (*Demidenko*<sup>178)</sup>) müssen die notwendigen Nährstoffe bereits während der ersten Wachstumsperiode zur Verfügung stehen, eine Nachdüngung ist wirkungslos. *Mayer-Krapoll*<sup>179)</sup> empfiehlt zur Verhütung von Schorf wie zugleich aus betriebswirtschaftlichen Gründen eine Kalkkopfdüngung zu Kartoffeln. Von amerikanischer Seite<sup>180)</sup> wurde große Bedeutung auf den Anbau von Pflanzen in Nährlösungen gelegt, die durch Sand fließen. Das Verfahren mag Vorteile haben für Gewächshausbetriebe, um die Schwierigkeiten der Beschaffung von gesunden Erden zu vermeiden, im allgemeinen kommt das Verfahren für die Praxis aber kaum in Frage, da die Kosten zu hoch sind.

## IV. Pflanzenschutz.

Im Getreidebeizwesen wurde durch Herstellung einer Reihe von wirksamen Trockenbeizmitteln die Verwendung der Trockenbeize gegen Weizensteinbrand, Schneeschimmel, Streifenkrankheit der Gerste und Haferflugbrand an Stelle der umständlicheren Naßbeize gefördert. Das Bestreben der weiteren Untersuchungen ist darauf gerichtet, den Quecksilbergehalt der Beizmittel durch den Einbau wirksamer organischer Stoffe herabzusetzen (*Blunck*<sup>181)</sup>). Bei den Spritz- und Stäubemitteln ist ebenfalls das Bestreben festzustellen, den Gehalt an Kupfer und Arsen zu vermindern. Veranlassung dazu gibt einerseits die Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit, andererseits, bei Arsen insbesondere, die Gefährdung der Nahrungsmittel bzw. von Wein durch den Arsengehalt (*Herrmann*<sup>182)</sup>). Große Hoffnungen setzt man in dieser Hinsicht auf die Anwendung von Pyrethrum- und Derris-Mitteln; ferner werden Nicotin und Thiocyanate empfohlen; alle diese Mittel besitzen aber nur beschränkte Anwendungsbereiche. Durch emulsionsartige Zusatzmittel, die das Anhaften der Spritzmittel erhöhen, sucht man die Wirksamkeit der Spritzmittel zu verbessern. Zur Bekämpfung des Zwiebelbrandes beim Samenbau erwies sich die Formalinbehandlung als erfolgreich. Für die Bekämpfung des Kornkäfers wird die Begasung mit Äthylenoxyd bzw. mit Phosphorwasserstoff bzw. einem Aluminiumphosphidpräparat vorgeschlagen. Das Fangen von Insekten mit Ködern sucht man in Amerika durch gewisse spezifische Lockstoffe (Geraniol) zu erleichtern, andererseits wendet man auch Stoffe an, welche die Wahrnehmung der Reizstoffe verhindern, durch welche die Tiere an gewisse Nahrungsmittel angelockt werden. Näheren Einblick in die Viruskrankheiten, insbesondere den Abbau der Kartoffel, ergaben die Untersuchungen von *Kausche* und *Pfankuch*<sup>183)</sup>, denen es gelang, das pflanzliche Virus der Tabakmosaikkrankheit zu identifizieren und im Elektronenmikroskop sichtbar zu machen.

## V. Fütterungslehre.

### 1. Bestimmung des Futterwertes.

Unter dem Einfluß der Umstellung auf wirtschaftseigenes Futter, die zwecks Sicherstellung der Futterbasis der Tierzucht angestrebt wurde, erwuchs der Chemie zunächst die Aufgabe, geeignete Maßstäbe zur Ermittlung des Futterwertes

<sup>164)</sup> H. Neubauer u. E. Neubauer, *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* **21/22**, 327 [1940].

<sup>165)</sup> A. Jacob, ebenda **12** (57), 231 [1939].

<sup>166)</sup> S. Goy u. O. Roos, ebenda **2** (47), 166 [1937].

<sup>167)</sup> F. Brüne u. Th. Arndt, ebenda **9/10**, 51 [1938].

<sup>168)</sup> Köttgen, *Ernähr. Pflanze* **30**, 121 [1934].

<sup>169)</sup> E. Reinau, *Techn. i. d. Landwirtsch.* **19**, 69 [1938].

<sup>170)</sup> E. Rautenberg, *Ernähr. d. Pflanze* **33**, 201 [1937].

<sup>171)</sup> F. Kertscher, *Forschungsdienst, Sonderh.* **6**, 71 [1937].

<sup>172)</sup> Kurtschatow, *Ann. social. russ. agric.* **5**, 127 1936.

<sup>173)</sup> N. Tulaikow, *Soil Sci.* **44**, 293 [1937].

<sup>174)</sup> W. Selke, *Forschungsdienst* **11**, 225 [1938].

<sup>175)</sup> T. Demidenko, O. R. [Doklady] *Acad. Sci. URSS.* **18**, 367 [1938].

<sup>176)</sup> M. Strelnikowa, *Chenizat. soc. Agric. Inst. [russ.]* **6**, Nr. 5, 45 [1937].

<sup>177)</sup> W. Jegorow u. M. Gorowaja, ebenda **7**, 67 [1938].

<sup>178)</sup> L. c. 175).

<sup>179)</sup> H. Mayer-Krapoll, *Tonind.-Ztg.* **62**, 553 [1938].

<sup>180)</sup> C. Ellis u. M. W. Swanly, *Soilless Growth of Plants*, New York 1938.

<sup>181)</sup> H. Blunck, *Forschungsdienst, Sonderh.* **7**, 229 [1938].

<sup>182)</sup> R. Herrmann u. H. Kretzdorn, *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* **13** (58), 169 [1939].

<sup>183)</sup> G. A. Kausche, *Arch. ges. Virusforsch.* **1**, 362 [1940]; G. A. Kausche, E. Pfankuch u. H. Stubbe *Biochem. Z.* **304**, 248 [1940].

zu schaffen. Über Arbeiten zur Bestimmung des Eiweißgehaltes ist bereits oben berichtet worden. Als verbesserungsbedürftig erwies sich ferner die Bestimmung der Rohfaser nach der *Weender-Methode*. *Crampton* und *Maynard*<sup>184)</sup> sowie *Naumann*<sup>185)</sup> schlagen vor, die Rohfaser in Lignin und Cellulose zu unterteilen; denn während das Lignin unverdaulich ist, kommt dem Cellulosegehalt der Pflanze, je nach ihrem Alter, eine gewisse Verdaulichkeit zu.

## 2. Neue Futtermittel.

Die Prüfung des Futterwertes einer Reihe neuer Futterpflanzen wurde im Interesse einer zweckmäßigen Verwertung dieser Futtermittel vorgenommen. So untersuchte *Scharer*<sup>186)</sup> den Wert der Futtermalve, *Richter*<sup>187)</sup>, *Nehring*<sup>188)</sup>, *Bünger*<sup>189)</sup> prüften den Futterwert der Süßlupine, *J. Schmidt*<sup>190)</sup> konnte feststellen, daß künstlich getrocknete Luzerne als teilweiser Ersatz für Getreideschrot bei der Schweinemast dienen kann, *Th. Remy*<sup>191)</sup> behandelte den Wert des Zuckerrübenlaubes. Einen Beitrag zur Ausdehnung der Futterbasis sollte auch das Verfahren der Holzverzuckerung nach *Scholler* und *Tornesch* bzw. *Bergius* liefern. Umfangreiche Versuche von *Fingerling*, *Wöhlbier*, *Bünger*, *Schmidt*<sup>192)</sup> prüften die Eignung des Holzzuckers für die Schweinemast. Da wir an und für sich Kohlenhydratfuttermittel im Verhältnis zu den Eiweißfuttermitteln in relativ genügender Menge haben, erscheint wichtiger als die direkte Verwertung des Holzzuckers seine Umwandlung zu einem Eiweißfutter, die von *Fink* und *Lechner*<sup>193)</sup> mit Hilfe der Hefeart *Torula utilis* ausgearbeitet wurde. *Ehrenberg*<sup>194)</sup> prüfte die Holzzuckerhefe und fand, daß sie ein hochwertiges Eiweißfuttermittel darstellt. Eine Lösung der Eiweißfrage strebte die Chemie auch auf dem Wege an, daß versucht wurde, das Eiweiß teilweise durch Amide, insbesondere Harnstoff, zu ersetzen. Die Grundlage für diese Bestrebungen ist die sogenannte Bakterieneiweißhypothese, die davon ausgeht, daß im Pansen der Wiederkäuer das aus dem Harnstoff entstehende Ammoniak von Bakterien zu Eiweiß verarbeitet wird. Über die Wirkung verschiedener Amide, vor allem Harnstoff, auf den Eiweißumsatz bei Wiederkäuern wurden Untersuchungen durchgeführt von *Nehring*<sup>195)</sup>, *Ehrenberg*<sup>196)</sup>, *Gauß*<sup>197)</sup>, *Lenkeit*<sup>198)</sup>, *Mangold*<sup>199)</sup>, *Fingerling*<sup>200)</sup> und *Wöhlbier*<sup>201)</sup>. Geprüft wurden insbesondere die sogenannten Amidflocken, ein Gemisch von Kartoffelflocken mit Harnstoff, bei deren Verwendung Einsparungen an Eiweiß möglich wurden.

## 3. Gewinnung von Gärfutter.

Um Verluste bei der Futtergewinnung zu vermeiden, wurde die Silage in immer stärkerem Umfange angewandt. Die chemische Forschung bemühte sich mit Erfolg, die bei der Silage auftretenden Verluste an Nährwerten möglichst einzuschränken und die Gärung so zu leiten, daß ein hochwertiges Futter entsteht. Es erwies sich, daß für den richtigen Verlauf der Silagegärung vor allem das Verhältnis von Rohprotein zu stickstofffreien Extraktstoffen von Bedeutung ist. Ohne Zusatzmittel läßt sich eine Silage von Grünfutter nur durchführen, wenn dieses Verhältnis mindestens gleich 1:2 ist. Eiweißreiches Material kann dagegen ohne Sicherheitszusätze nicht siliert werden. Ein Zusatz von Zucker, der zur Herstellung eines weiteren Verhältnisses von Eiweiß zu Kohlenhydraten vorgeschlagen wurde, ist unwirtschaftlich, da der

Nährwert des Zuckers bei der Gärung nicht erhalten bleibt. Von *Virtanen*<sup>202)</sup> wurde der Weg eingeschlagen, daß durch Mineralsäurezusatz zum Silofutter dafür gesorgt wurde, daß die pH-Zahl bei der Gärung nicht über 4,2 stieg, so daß die Buttersäuregärung vermieden wurde. Durch den Säurezusatz wird der Zellturgor aufgehoben, das Futter sackt sich, so daß die zum Eintritt aerober Prozesse führende Sauerstoffzufuhr abgeschnitten und Verluste an Kohlenhydraten vermieden werden. Wie *Virtanen* später feststellte, tritt aber auch die Milchsäuregärung bei seinem Verfahren nicht in den Vordergrund, sondern eine Konservierung wird schon dadurch bewirkt, daß der pH-Wert des Futters bei 3,8 liegt. Nach ähnlichen Grundsätzen arbeiteten in Deutschland das Defusow sowie das Penthesta-Verfahren. Gegen alle Verfahren, die freie Mineralsäuren zusetzen, wird allerdings das ernährungsphysiologische Bedenken erhoben, daß die dadurch bewirkten Basenverluste des Futters von schädlichem Einfluß auf die Konstitution der Tiere sind. Um diese Gefahr zu vermeiden, empfiehlt *Flieg*<sup>203)</sup> die Verwendung organischer Säuren, von denen die Ameisensäure die gleiche Wirkung erreicht, wie der Mineralsäurezusatz, aber im Organismus restlos verbrannt wird.

## 4. Mineralstoffgehalt der Futtermittel.

Die große Wichtigkeit, die man dem Mineralstoffgehalt der Nahrung beizulegen gelernt hat, hat nicht nur zu Bedenken wegen eines zu geringen Mineralstoffgehaltes der Nahrung geführt, sondern es wurde auch die Frage geprüft, welchen Einfluß ein zu hoher Mineralstoffgehalt der Nahrung ausüben könne. Mit Rücksicht auf die durch Düngung zu bewirkende Steigerung des Mineralstoffgehaltes des Futters wurden von *F. König*<sup>204)</sup> Stoffwechselversuche mit Futter von verschiedenem Mineralstoffgehalt durchgeführt. Diese ergaben, daß irgendwelche Bedenken wegen eines zu hohen Mineralstoffgehaltes der Futtermittel nicht berechtigt sind. Das von *Rost* erhobene Bedenken, daß ein zu hoher Kaligehalt von Gemüse Thrombose befördern könne, wurde von *E. Remy* und *Müller*<sup>205)</sup> durch Fütterungsversuche an Ratten widerlegt, bei denen diese ein Salzgemisch von der Zusammensetzung der Salze des Spinatkochwassers erhielten. Es war nicht möglich, bei diesen Versuchen — trotz äußerst stark gesteigerter Gabe — die toxische Grenze zu erreichen. Auch hinsichtlich der Weidekrankheit wurde die Vermutung geäußert, daß diese mit der Düngung in Zusammenhang stehe, sei es durch einen erhöhten Stickstoffgehalt oder einen erhöhten Kaligehalt des jungen Weidegrases. Versuche zeigten aber, daß es in mehreren Jahren in einem Gebiet, wo mit dem Auftreten von Weidekrankheit zu rechnen war, nicht möglich war, weder durch übertriebene Stickstoffdüngung noch durch übertriebene Kalidüngung, Erkrankungen an Weidekrankheit herbeizuführen<sup>206)</sup>. Ein Gebiet, das ebenfalls sehr ausführlich im vergangenen Jahrzehnt bearbeitet wurde, ist die Frage des Einflusses der Handelsdünger auf die Bekömmlichkeit der Nahrungsmittel. Hierüber führte *Scheunert*<sup>207)</sup> durch mehrere Generationen hindurch Fütterungsversuche an Ratten durch, die entweder ohne Handelsdünger gezogene Nahrung oder stark mit Handelsdünger versehene Nahrung erhielten. Eine schädliche Wirkung des Handelsdüngers — auch im Verlauf mehrerer Generationen — konnte bei diesen grundlegenden Versuchen nicht beobachtet werden. Die geringen Unterschiede, die bei den Versuchen auftraten, sprachen eher im Sinne eines erhöhten Nährwertes der gedüngten Nahrungsmittel. Infolge ihrer hohen Bedeutung für die Volksgesundheit verfolgt ein Arbeitskreis des Forschungsdienstes diese Frage weiter durch Ernährungsversuche an Menschen. Auch bei diesen Versuchen ergab sich nicht der geringste Anhalt für irgendwelche Befürchtungen hinsichtlich der Qualität der gedüngten Nahrungsmittel (*Reiter*<sup>208)</sup>, *Schuphan*<sup>209)</sup>).

Eingeg. 31. Oktober 1940. [A. 107.]

<sup>184)</sup> E. W. Crampton u. L. A. Maynard, J. Nutrit. 15, 383 [1938].

<sup>185)</sup> K. Naumann, Forschungsdiest, Sonderh. 11, 256 [1938].

<sup>186)</sup> T. Scharer Z. Tierernährung u. Futtermittelkunde 1, 1 [1938].

<sup>187)</sup> K. Richter, ebenda 1, 24 [1938].

<sup>188)</sup> Nehring, ebenda 2, 45 [1939].

<sup>189)</sup> Bünger, ebenda 2, 134 [1939].

<sup>190)</sup> J. Schmidt, ebenda 2, 174 [1939].

<sup>191)</sup> Th. Remy, Verlagsges. f. Ackerbau Berlin 1938.

<sup>192)</sup> Fingerling, Wöhlbier, Bünger, Schmidt, Landwirtschaft. Versuchsstat. 126, 1 [1936].

<sup>193)</sup> Fink u. Lechner, Biochem. Z. 273, 23 [1935]; diese Ztschr. 51, 475 [1938].

<sup>194)</sup> P. Ehrenberg u. H. Nietsch, Landwirtschaft. Versuchsstat. 125, 301 [1936].

<sup>195)</sup> Nehring, Biedermanns Zbl. Agrik.-Chem. ration. Landwirtschaftsbetrieb Abt. B.: Tierernähr. 9, 79 [1937].

<sup>196)</sup> P. Ehrenberg, Z. Tierernährung u. Futtermittelkunde 1, 33 [1938]; 2, 115 [1939].

<sup>197)</sup> W. Lans, diese Ztschr. 50, 755 [1937].

<sup>198)</sup> W. Lenkeit, Z. Tierernährung u. Futtermittelkunde 1, 97 [1938].

<sup>199)</sup> Mangold, Landwirtschaft. Versuchsstat. 128, 199 [1937].

<sup>200)</sup> Fingerling, ebenda 128, 221—235 [1937].

<sup>201)</sup> Wöhlbier, ebenda 129, 101 [1937].

<sup>202)</sup> A. Virtanen, Monthly Bull. agric. Sci. Pract. 10, 371 [1936].

<sup>203)</sup> O. Flieg u. R. Gutermann, Zuckerrübenbau 21, 115 [1939].

<sup>204)</sup> F. König, Landwirtschaft. Jb. 81, 829 [1935].

<sup>205)</sup> E. Remy u. A. Müller, Klin. Wschr. 10, 2338 [1931].

<sup>206)</sup> G. Hager, Dtsch. landwirtsch. Tierzucht 44, 348 [1940].

<sup>207)</sup> A. Scheunert, M. Sachse u. R. Specht, Biochem. Z. 274, 372 [1934]; vgl. auch Scheunert, diese Ztschr. 48, 42 [1935].

<sup>208)</sup> H. Reiter, H. Ertel usw. Die Ernährung 3, 53 [1938].

<sup>209)</sup> W. Schuphan, F. H. Dost u. H. Schotola, ebenda 5, 29 [1940].