

TRANSACTIONS OF THE SECOND COMMISSION
AND ALKALI-SUBCOMMISSION OF THE INTER-
NATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE

COMPTES RENDUS DE LA DEUXIÈME COMMIS-
SION ET DE LA SOUS-COMMISSION POUR LES
SOLS ALCALINS DE L'ASSOCIATION INTER-
NATIONALE DE LA SCIENCE DU SOL

VERHANDLUNGEN DER ZWEITEN KOMMISSION
UND DER ALKALI-SUBKOMMISSION DER INTER-
NATIONALEN BODENKUNDLICHEN GESELL-
SCHAFT

HELSINKI 26.—30. VII. 1938

EDITED BY - RÉDIGÉS PAR - REDIGIERT VON:

F. ZUCKER
B. AARNIO
E. KIVINEN

VOLUME TEIL	<i>B</i>
----------------	----------

HELSINKI 1938

**DEUXIÈME COMMISSION
DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE
DE LA SCIENCE DU SOL
POUR L'ETUDE DE LA CHIMIE DU SOL**

PRÉSIDENT HONORAIRE :

PROF. DR. A. A. J. DE 'SIGMOND, *BUDAPEST, HONGRIE*

PRÉSIDENT :

PROF. DR. AMES HENDRICK, *ABERDEEN, ANGLETERRE*

SECRÉTAIRE :

DR. FR. ZUCKER, *BUDAPEST, HONGRIE*

COMITÉ ORGANISATEUR:

PROF. DR. B. AARNIO, *PRÉSIDENT*

PROF. DR. P. TUORILA

PROF. DR. J. VALMARI

DOC. DR. E. KIVINEN, *SECRÉTAIRE*

✻

E
ONGRIE
ETERRE

PROGRAMM DER KONFERENZ DER II. KOMMISSION DER
INTERNATIONALEN BODENKUNDLICHEN GESELL-
SCHAFT IN HELSINKI, VOM 26.—30. VII. 1938.

Dienstag, den 26. Juli.

- 9.30 Eröffnung der Konferenz.
Begrüßungsrede, von Prof. Dr. B. AARNIO.
Eröffnungsrede, von Herrn Landwirtschaftsminister P. V. HEIKKINEN.
Vortrag über die Böden Finnlands, von Prof. B. AARNIO.
11.30 Bodenreaktion und Adsorption, HISSINK.
14.30 Exkursion. Humuspodsolböden in Tikkurila. Pflanzenzüchtungs-
anstalt Tammisto.
20.00 Souper im Hotel Kämp, Esplanadinkatu-Strasse 29. Eingeladen
vom Herrn Landwirtschaftsminister P. V. HEIKKINEN.

Mittwoch, den 27. Juli.

- 9.30 Bestimmung des Nährstoffzustandes des Bodens mittels
chemischer Laboratoriumsmethoden. GIESECKE.
11.00 Die chemische Bedeutung der im Boden vorkommenden seltenen
Elemente. TRÉNEL.

Alkalisubkommission.

- 15.00 Die Klassifikation der Alkali- und Salzböden. von SIGMOND.
17.00 Um 5 Uhr Tee im Restaurant Luoto, eingeladen von der Stadt
Helsinki.

Donnerstag, den 28. Juli.

- 9.30 Neuere Methoden zur Bestimmung der aktiven organischen
Substanz im Boden. PALLMANN.
10.30 Der chemische Charakter und die Bedeutung der Tonfraktion.
Röntgenographische Untersuchungen. JACOB.

- 14.30 Exkursion in Espoo. Bröckeltone (Gräsa), glaziale Tone (Stensvik).
 20.00 Souper im Restaurant Kaivohuone, eingeladen von I. G. Farben & Norsk Hydro.

Freitag den 29. Juli.

- 9.00 Chemische Charakterisierung der Bodenprofile und Bodentypen. Schnellmethoden für das Feld. von 'SIGMOND.
 10.00 Die Bestimmung des $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnisses im Boden. CROWTHER.

Alkalisubkommission.

- 15.00 Die bisherigen Resultate der Melioration von Alkali- und Salzböden. Die Bewässerung der Alkali- und Salzböden. GREENE und ZUCKER. Filmvorstellung.

Sonnabend, den 30. Juli.

- 10.00 Moorböden in Finnland, KIVINEN.
 11.00 Bericht über die grosse Exkursion, B. AARNIO.

TEILNEHMERVERZEICHNIS.

Československo.

Dr. V. Gössl, Praha.
Dr. Stefan Mautner, Parkan.
Frau Stefan Mautner, Parkan.
Dr. J. Spirhanzl, Praha.
Prof. Dr. V. Novak, Brno.

Danmark.

Dir. V. E. Pedersen, København.
Prof. Dr. S. Tovborg-Jensen, København.
Frau Dr. S. Tovborg-Jensen, København.

Danzig.

Prof. Dr. H. Stremme, Danzig.
Frau Dr. A. Stremme, Danzig.
Landw. K. Pirl, Danzig.

Deutschland.

Dr. Alten, Berlin-Lichterfelde-Süd.
Prof. Dr. Brüne, Bremen.
Dr. Bär, Berlin.
Oberbaurat Dr. Fauser, Stuttgart.
Dr. Fink-Ullepitsch, Graz.
Prof. Dr. Giesecke, Berlin-Dahlem.
Dr. von Hoyningen-Huene, Zewen.
Dr. Jacob, Berlin.
Prof. Dr. Jung, Hohenheim, b. Stuttgart.
Dr. Krische, Berlin.
Prof. Dr. Kubiena, Wien.
Prof. Dr. Köhn, Freiburg i Br.
Dr. Laatsch, Halle.
Dr. Margerete Liebmann, Berlin-Dahlem.
Dr. Müller, Berlin.
Dr. Ostendorff, Bippen/Hannover.

Dr. Rennenkampf, Berlin.
 Prof. Dr. Schucht, Berlin-Wilmersdorff.
 Dr. Ströbele, Ludwigshafen.
 Dr. Taschenmacher, Münster/West.
 Prof. Dr. Trenel, Berlin.
 Dr. Volz, Limburgerhof/Saarpfalz.

Eesti.

Dir. N. Ruubel, Rapla, Kuusiku.

France.

Prof. Dr. G. Barbier, Versailles.
 Dr. E. de Ferriere, Mulhouse.
 Dr. N. Oudin, Nancy.
 Prof. Dr. M. Tardy, Paris.

Great Britain.

Dr. E. M. Crowther, Rothamsted.
 Dr. H. Greene, Harpenden.
 Mrs Greene, Harpenden.
 Miss Smith, Harpenden.
 Miss Signe Heintze, Rothamsted.
 Prof. Dr. James Hendrick, Aberdeen.
 Mrs James Hendrick, Aberdeen.
 Dr. G. W. Jacks, Harpenden.
 Mrs Jacks, Harpenden.
 Prof. Dr. D. N. McArthur, Glasgow C 2.
 Dr. Muir, Aberdeen.
 Dr. E. W. Russel, Rothamsted.
 Lady John Russel, Rothamsted.

Holland.

Dr. D. J. Hissink, Groningen.
 Dr. Ir. A. J. Zuur, Groningen.

Niederländisch Indien.

Dr. H. J. Hardon, Buitenzorg (Java).
 Dr. R. van der Veen, Djember (Java).

India.

Dr. S. Anvar-Ullah, Rothamsted.
 Dr. A. D. Desai, Aberdeen.

Italia.

Prof. Dr. Tallierio Bucher, Roma.
 Ing. Camillo Crema, Roma.
 Sna Camillo Crema, Roma.

Japan.

Prof. Dr. Kasugai, Tokio.
 Prof. Dr. Murata, Kagoshima.

Latvia.

Dr. K. Bambergš, Riga.
 Dr. K. Kruminš, Riga.
 Dr. J. Vitinš, Riga.

Magyarország.

Dr. A. Endrédy, Budapest.
 Frau Dr. Endrédy, Budapest.
 Dr. Fr. Zucker, Budapest.
 Frau Dr. Zucker, Budapest.

Norge.

Prof. Dr. H. Glömmé, Aas.

Polske.

Prof. Dr. S. Miklaszewski, Warschau.
 Prof. Dr. A. Musierowicz, Lwow.
 Prof. Dr. K. F. Terlikowski, Poznan.

Portugal.

Prof. Dr. Hannibal Valente de Almeida.

Romania.

Dr. N. C. Cernescu, Bucuresti.
 Prof. Dr. Em. Protopescu-Pache, Bucuresti.

Schweiz.

Prof. Dr. H. Pallmann, Zürich.

Suomi.

Prof. Dr. V. T. Aaltonen, Helsinki.
 Prof. Dr. B. Aarnio, Helsinki.
 Frau Prof. B. Aarnio, Helsinki.

Prof. Dr. I. A. Hallakorpi, Helsinki.

Ing. P. Kaitera, Helsinki.

Ing. Dr. L. Keso, Helsinki.

Doz. Dr. E. Kivinen, Helsinki.

Frau Dr. E. Kivinen, Helsinki.

Ing. E. A. Malm, Helsinki.

Agr. A. Somersalo, Helsinki.

Prof. Dr. P. Tuorila, Tikkurila.

Frau Prof. P. Tuorila, Tikkurila.

Prof. Dr. J. Valmari, Helsinki.

Doz. Dr. U. Vartiovaara, Helsinki.

Frau Dr. U. Vartiovaara, Helsinki.

Sverige.

Dr. Simon Johansson, Stockholm.

Frau Dr. Simon Johansson, Stockholm.

Prof. Dr. O. Tamm, Stockholm.

U. S. A.

Dr. Lyle T. Alexander, Washington.

Dr. J. S. Joffe, New Brunswick.

Mrs J. S. Joffe, New Brunswick.

Prof. Dr. S. Waksman, New Brunswick.

Mrs S. Waksman, New Brunswick.

PROTOKOLL DER SITZUNG DER II. KOMMISSION AM
26. JULI, 1938.

Vorsitzender: Prof. J. HENDRICK.

Schriftleiter: Dr. FR. ZUCKER.

Nach einigen einleitenden und Begrüßungsworten des Vorsitzenden ergreift das Wort

Hissink und hält sein Referat wie folgt:

DR. D. J. HISSINK. *Groningen (Holland).*

BODENAZIDITÄT UND BODENADSORPTION.

Bodenazidität.

Arbeiten über Bodenazidität liegen nicht vor. Betreffs der Methodik der pH-Bestimmung möchte ich folgende Bemerkung machen. Auch in Holland hat sich die Anzahl Böden, bei denen die Chinhydronelektrode infolge zunehmenden pH-Wertes (Drift) nicht anwendbar ist, als grösser erwiesen, als wir ursprünglich meinten. Bei der Chinhydronelektrode ist es durchaus nötig, unmittelbar nach Hinzufügung von Chinhydronelektrode zu messen; höchstens 10 bis 15 Sekunden nach Hinzufügung von Chinhydronelektrode muss abgelesen werden. Zeigt sich dann während des Messens eine pH-Zunahme, so ist der Boden für eine Messung mit Chinhydronelektrode nicht geeignet. In diesem Falle benutzen wir die Glaselektrode. Bei solchen Böden kann man auch angenäherte pH-Werte mit Chinhydronelektrode bekommen, wenn man die Messung mit einer zweiten Bodenprobe mit einer Ablesezeit von höchstens 10 bis 15 Sekunden nach Hinzufügung von Chinhydronelektrode wiederholt. Bei Serien-Analysen darf das Chinhydronelektrode also nicht zu allen Proben der Serie zu gleicher Zeit hinzugesetzt werden. Unter diesen Umständen würde es sich vielleicht empfehlen, alle Bodenproben mit der Glaselektrode zu messen. An dem Bodenkundlichen Institut Groningen (Holland) ist die Glaselektrode noch nicht auf Massenanalysen eingerichtet.

Das Trocknen des Bodens.

Es gibt Böden, welche beim Trocknen an der Luft sehr grosse Aenderungen in pH-Werten erleiden. Wir haben in Holland Böden, welche im frischen Zustand ungefähr neutral reagieren (pH ungefähr 7) und nach dem Eintrocknen pH-Werte bis sogar 1 und niedriger besitzen. Es sind Böden, welche FeS_2 und vielleicht andere Schwefeleisenverbindungen enthalten und kein CaCO_3 . Sobald Luft (Sauerstoff) hineindringt, werden die Sulfide zu Sulfaten oxydiert; es bilden sich Eisen- und Aluminiumsulfate. Auch in Finnland kommen solche Böden vor (siehe die Arbeiten von Aarnio und Kivinen). Wir haben nun bemerkt, dass beim schnellen Eintrocknen nur eine teilweise Oxydation der Sulfide stattfindet; der Endpunkt der Oxydation wird erreicht bei langsamer Oxydation, in etwas feuchter Luft, am besten unter Mitwirkung der betreffenden Bakterien.

Bodenadsorption (1).

Betreffs der Bodenadsorption liegen zwei Arbeiten vor, bzw. von Kotzmann und Kivinen. Erst einige Bemerkungen über Kivinen's Arbeit: "Ueber den Basenaustausch in Finnischen Tonböden".

Von Kivinen sind in verschiedenen Tonbodenarten (schwere Tonböden, leichte Tonböden, Bröckeltonböden) die Werte S und T-S (also auch die Werte T und V) und auch die pH-Werte in verschiedener Tiefe (Ackerkrume, Pflugsohle und Untergrund) bestimmt. Die Werte S und T-S sind bestimmt nach der Methode Vageler-Alten. Bei seinen Betrachtungen hat Kivinen nun übersehen, dass der T-Wert von dem Gehalt an Adsorptionskomplex (Ton-Humussubstanz) und der S-Wert von dem Gehalt an Adsorptionskomplex und von dem Sättigungszustand dieses Komplexes, also von dem T- und dem V-Wert, bedingt wird ($S = V \times T: 100$). Dass die von Kivinen erwähnten Böden ziemlich gleiche T-Werte besitzen (18 bis 27), rührt daher, dass diese Böden alle ziemlich schwere Böden mit wenig Humus sind, also ziemlich gleiche Menge an Ton-Humus haben. Weiter vergleicht Kivinen die S-Werte mit den pH-Werten. Das ist jedoch nicht erlaubt; nicht die S-Werte, sondern die V-Werte sollen mit den pH-Werten verglichen werden. Ich habe für diesen Vergleich bei holländischen Böden auch S-Werte genommen, aber diese vorher auf 100 g Ton + Humus umgerechnet. Diese Umrechnung ist immer eine annähernde, und es ist noch die Frage, ob dieselbe für finnische Böden erlaubt ist.

Schliesslich möchte ich noch bemerken, dass das Basenverhältnis der finnischen Böden einen hohen Prozentgehalt an Mg zeigt. Während die normalen Kalktonböden ein Basenverhältnis von ungefähr $79 \text{ (Ca)} + 13 \text{ (Mg)} + 5 \text{ (K)} + 3 \text{ (Na)} = 100$ besitzen, gibt Kivinen Zahlen zwischen $69 + 23 + 2 + 6 = 100$ und $44 + 53 + 1 + 2 = 100$. Auch in Holland kennen wir solche Böden. Die Salzwasserböden, welche sich an unseren Küsten ablageren, also der Typ "Alkalisalzböden" nach von Sigmond, besitzen ein Verhältnis von z. B. $30 + 42 + 8 + 20 = 100$; es sind also Magnesia-Natronböden. Nach der Eindeichung wird das Natrium, das von der Ton-Humussubstanz schwach gebunden wird, ziemlich bald vom Regenwasser ausgelaugt und durch Ca ersetzt; wir finden z. B. ein Verhältnis: $66 + 26 + 6 + 2 = 100$. Mg bleibt ziemlich lange gebunden. 70 Jahre nach der Eindeichung finden wir Zahlen wie: $86 + 9 + 4 + 1 = 100$. Es sei bemerkt, dass diese holländischen Böden reich an CaCO_3 sind und, solange CaCO_3 vorhanden ist, ändert sich das Verhältnis nicht. Es ist nun bemerkenswert, dass das Verhältnis nach ungefähr 250 bis 300 Jahren, nachdem der CaCO_3 ausgelaugt ist, wiederum ungefähr $71 + 24 + 2 + 3 = 100$ geworden ist. Vielleicht hat der Gehalt an austauschfähigem Mg auf Kosten von dem saurelöslichen Mg zugenommen; anders gesagt, Mg ist aus den inneren Gitterräumen an die Oberfläche diffundiert. An Stelle von Mg sind dann H-Ionen gekommen (2).

Ich erlaube mir hier die Frage, welche Bedeutung der hohe Gehalt an austauschfähigem Mg besitzt, und zwar für die Bodenstruktur und den Pflanzenwuchs.

Ich komme jetzt zu der Arbeit von K o t z m a n n. Diese Arbeit handelt über die Methodik der Bestimmung des V-Wertes ($V = 100 \text{ S: T}$). Wie bekannt, arbeitet Budapest (di Gleria, Kotzmann) nach dem Ammoniumadsorptionsverfahren. Kotzmann erwähnt nun in erster Linie, dass die Höchstgrenze der Adsorption nach diesem Verfahren unabhängig ist von der Natur der verwendeten Basen; Bestimmungen mit Ammoniak-, Kalk-, Baryt-, Kali- und Natronlauge führen zum selben Ergebnis. Weiter weist Kotzmann darauf hin, dass der V-Wert (di Gleria-Kotzmann) enge Beziehung zum pH-Wert zeigt. Kotzmann erwähnt dann, dass verschiedene Methoden zur Bestimmung des V-Wertes in Gebrauch sind und er schlägt vor, diese verschiedenen Methoden einer internationalen Prüfung von verschiedenen Laboratorien zu unterziehen und die Ergebnisse dem Kongress-1940 vorzulegen. Natürlich müssen die Arbeitsmethoden genau beschrieben werden, und die Untersuchungen stets an denselben Bodenproben vorgenommen werden. Ich möchte hier hinzufügen, dass vielleicht die Standardbodenproben hierzu am meisten geeignet sind; also die sieben Boden-

proben I—VII, siehe die Mitteilung in der grünen Zeitschrift, Teil XII (1937), n^o 2, Seiten 66/67. Diese Bodenproben können bei mir (Bodenkundliches Institut, Groningen, Holland) bezogen werden.

Ich könnte hiermit mein Referat beschliessen, möchte jedoch noch gerne einige allgemeine Betrachtungen folgen lassen.

Wie bekannt, habe ich die Werte: S, T und V in der Bodenkunde eingeführt. Als Sättigungszustand des Bodens habe ich das Verhältnis $V = 100 S : T$ definiert, worin S die Menge der im Boden vorhandenen adsorptiv gebundenen Basen ist, während $T = S + (T-S)$ ist. Die Grösse (T-S) ist der Säurewasserstoff, d. h. also der noch nicht gesättigte Wasserstoff der Ton- und Humussäuren; diese Grösse stellt den Grad des Ungesättigtseins des Bodens dar und stimmt nach meiner Auffassung mit der Menge austauschbarer Wasserstoffionen überein. Der Sättigungszustand des Bodens ist also das Verhältnis der Menge der im Boden vorhandenen adsorptiv gebundenen Basen S zu der Menge Basen T, welche der Boden *total* binden kann; T ist also, was Kelley später genannt hat: the total binding capacity of the soil.

Gegen diese Umschreibung des Begriffes des Sättigungsgrades des Bodens sind keine Einwände erhoben. Meine Methode zur Bestimmung des T-Wertes, oder besser gesagt, des Wertes T-S, also meine konduktometrische Titrationsmethode der Bodensäuren (sogenannte Barytmethode), hat jedoch von verschiedenen Seiten Kritik erfahren und es ist eine ganze Reihe von Methoden zur Bestimmung des Wertes T-S hinzugekommen. Bevor wir uns nun über die (T-S)-Methode einigen können, müssen wir uns darüber klar sein, was der V-Wert bedeuten soll. Ich habe das schon öfters gesagt, und auch Kotzmann sagt es jetzt wiederum auf Seite 47 seiner Arbeit: der Wert V ist in erster Linie ein Charakteristikum des Bodens. In zweiter Linie kommt dann die Frage, in wiefern wir dieses Charakteristikum auch für praktische Zwecke, z. B. für Bekalkungsrecepte anwenden können.

Mein V-Wert entspricht nun der Bedingung, dass er den holländischen Böden, so weit bis jetzt untersucht, in guter Weise zu charakterisieren vermag. Unsere jungen marinen Tonböden, welche reich an CaCO_3 sind, haben alle einen V-Wert von rund 45, und behalten diesen Wert, solange noch CaCO_3 vorhanden ist. Später, nach Auslaugung des CaCO_3 durch das Regenwasser, sinkt der V-Wert und zugleichzeit nimmt auch der pH-Wert ab. Bei unseren Humusböden von verschiedenem Typus habe ich folgenden Zusammenhang zwischen

pH- und V-Werten (nach Hissink) gefunden: $V = 25$, $pH = 6$; $V = 30$, $pH = 6.5$; $V = 37$, $pH = 7$.

Dann hat leider, schon im Jahre 1926, von 'Sigmond meinen V-Wert abgelehnt, weil "in der Natur keine Böden gefunden werden, welche nach Hissik einen V-Wert = 100 besitzen". Hier macht von 'Sigmond einen prinzipiellen Fehler. Statt der V-Wert in erster Linie als Charakteristikum des Bodens zu betrachten, hat er sofort praktische Erwägungen an diesem Wert angeknüpft. Das hat zu den sogenannten praktischen V-Werten geführt. Diesen V-Werten gegenüber hat mein V-Wert wenigstens den Vorteil, dass er eine theoretische Grundlage bildet. Mein T-Wert gibt die Mengen an Basen, welche für die theoretische oder die Total-Sättigung nötig ist, und es ist nun völlig in Uebereinstimmung mit den theoretischen Auffassungen, dass der Sättigungspunkt oder der Äquivalenzpunkt der schwachen Bodensäuren bei sehr alkalischen pH-Werten liegt. Und diese theoretische Auffassung des T-Wertes hat den grossen Vorteil, dass sie allgemeine Anwendung finden kann, was mit den der Praxis entnommenen T-Werten nicht der Fall ist, und auch nicht der Fall sein kann. Die praktischen T-Werte müssen je nach Klima, Bodenart, Bodentypus und Pflanzenart verschieden sein, und es liegt also auf der Hand, dass es viele praktische T-Werte gibt, das heisst Werte, bei denen der betreffende Boden nach praktischen Auffassungen optimal mit Basen gesättigt ist. Mein T-Wert gibt die Sättigung in einem internationalen Klima; d. h. im Laboratorium. International wird man sich nur auf diesen internationalen T-Wert einigen können.

Welches sind nun diese praktischen Werte: T-S, T und V?

Es sind Vorschläge gemacht, um den Wert T-S durch Titration bis $pH = 7$ zu bestimmen. Da es jedoch Böden mit höheren pH-Werten als 7 gibt, sind dann Vorschläge gekommen, um bis $pH = 8$ zu titrieren. Dann sind andere (Bradfield, Maschhaupt) gekommen und haben den Boden mit $CaCO_3$ behandelt, bzw. mit CaO und Nachbehandlung mit CO_2 . Das würde dann der Endpunkt sein, der gerade in der Natur vorkommt. Aber das ist nicht richtig. Nach diesen letzten Methoden kommen die Böden auf einen pH-Wert von ungefähr 8.2—8.5. In unserem humiden, holländischen Klima besitzen die $CaCO_3$ -haltigen Böden solche hohen pH-Werte jedoch nicht; möglicherweise können unmittelbar nach einer Bekalkung stellenweise solche hohen pH-Werte auftreten, ein Teil des von der Ton-Humussubstanz adsorptiv gebundenen Kalkes wird jedoch sehr rasch von der Bodenkohlensäure als $CaCO_3$ festgelegt und der pH-Wert sinkt bald unter 8. Auch hier fehlt also die theoretische Grundlage. Dann hat die Gleria bemerkt, dass in dem ungarischen ariden Klima auch noch Böden

mit CaCO_3 vorkommen, welche ungesättigt sind, und er hat mittels seiner Ammoniumadsorptionsmethode die Ungesättigtheit vieler dieser ungarischen, CaCO_3 -haltigen Böden nachgewiesen. Diese Böden sind also in Hinsicht auf das aride, ungarische Klima ungesättigt; in unserem humiden Klima kommen solche Böden jedoch gar nicht vor. Schliesslich haben wir noch die Methode Vageler-Alten, welche mit einer Lösung von Calciumazetat arbeitet. Ich will annehmen, dass der Sättigungs-Endpunkt bei den von dieser Methode gegebenen Vorschriften erreicht wird; aber dieser Endpunkt ist dann doch von der angewandten Lösung (Calciumazetat) abhängig. Beim Gebrauch einer anderen Lösung, z.B. Natriumborat statt Calciumazetat, wird ein anderer Sättigungs-Endwert erreicht.

Ich komme zu der Schlussfolgerung, dass man sich international nur auf einem theoretischen (T-S)-Wert einigen kann, und das ist, so weit ich das beurteilen kann, der nach meiner Methode bestimmte (T-S)-Wert (3).

Ich möchte diese Gelegenheit benutzen, um noch einige Bemerkungen betreffs der Methodik der Barytmethode zu machen.

1) Es ist die Bemerkung gemacht, dass bei Anwendung von stark alkalischen Lösungen (bis pH ungefähr 10 bis 11) eine Zerstörung von Humusstoffen möglich ist; dass dies wirklich stattfindet, ist niemals bewiesen.

2) Weiter ist der Gedanke ausgesprochen, dass bei Anwendung von stark alkalischen Lösungen eine molekulare (apolare) Adsorption von Baryt stattfinden könnte. Wenn dies der Fall ist und die molekulare Barytadsorption sich in zunehmendem Masse äussert, je stärker alkalisch die Barytlösung wird, so müssen die Winkel der Titrationsgeraden mit der horizontalen Achse sehr viel kleiner sein als 45° . Bei Mineralböden ist das nicht der Fall; bei Humusböden tritt allerdings eine kleine Abweichung von 45° auf, welche jedoch von geringer Bedeutung ist.

3) Drittens ist bemerkt, die Barytmethode würde viel Zeit kosten. Die Methode eignet sich jedoch sehr gut für Massenanalysen. Nötigenfalls genügt für annähernde Bestimmungen eine Titration; durch diesen Punkt wird dann eine Gerade gezogen, welche mit der horizontalen Achse einem Winkel von 45° bildet.

4) Schliesslich möchte ich die Frage stellen, was für Konsequenzen es mit sich bringt, wenn ein Boden Verbindungen enthält, welche erst bei sehr hohen pH-Werten, von z.B. 9 bis 10, Baryt festlegen. Die Anwesenheit derartiger Verbindungen erhöht meinen T-Wert, d.h.

dass mein V-Wert eines derartigen, abnormalen Bodens bei den gewöhnlichen pH-Werten, zwischen 6—8, niedriger sein wird, als meine V-Werte bei normalen Böden. Da es sich nun bei den V-Werten in erster Linie um ein Charakteristikum des Bodens handelt, so meine ich, dass dies gerade ein Vorteil meines V-Wertes ist; mein V-Wert lenkt wenigstens die Aufmerksamkeit auf etwas Abnormales und gibt zu einer näheren Untersuchung Veranlassung. Nun enthält jeder Boden in der Tat einen Körper, welcher erst bei hohen pH-Werten Baryt festlegt und zwar Quarz (4). Weil die spezifische Oberfläche der Quarz-Partikelchen im Vergleich mit der Ton-Humussubstanz in den meisten Böden jedoch verschwindend klein ist, spielt die Adsorption von Quarz gewöhnlich praktisch keine Rolle.

Die Methodik der anderen Böden kann ich nicht beurteilen. Nur möchte ich die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass die pH-Werte bei den V-Werten = 100 nach der Gleria zwischen 6.0 und 8.5 liegen. Nun werden die pH-Werte nicht nur von den V-Werten, sondern auch von den adsorbierten Ionen (Ba, Ca, Mg, K, Na, NH_4 , u. s. w.) bedingt; aber ein so grosser Unterschied von 6 bis 8.5 lässt sich doch schwer denken. Und wie schon bemerkt, würde der V-Wert, nach Kotzmann, gerade eine enge Beziehung zum pH-Wert zeigen. Und schliesslich möchte ich noch bemerken, dass Alten und Kurmies irrtümlicherweise die Existenz einer salzfreien Wasserhaut annehmen. Eine salzfreie Wasserhaut besteht nicht; die Wasserhaut enthält immer Salze, wenn auch weniger als die umgebende Lösung.

Ich komme nun zu der Frage, zu welchen praktischen Zwecken der V-Wert benutzt werden kann; also zu der Frage, in welchem Zusammenhang die Bodenfruchtbarkeit — und dieser Begriff ganz allgemein genommen, also inclusiv die Bodenstruktur, u. s. w., — mit den Eigenschaften des adsorbierenden Bodenkomplexes steht, also mit den Werten T, V und pH und auch mit dem gegenseitigen Verhältnis der adsorptiv gebundenen Basen. Es handelt sich also u. a. um die Frage, bei welchem pH-Wert, bzw. bei welchem V-Wert, die verschiedenen Kulturpflanzen am besten gedeihen. Klima und Bodentypus und Bodenart, und auch die Pflanzenart werden hier eine Rolle spielen.

Es würde nun ganz verfehlt sein, zu meinen, dass man diese Frage mit Hilfe irgendwelcher Methodik der Bestimmung des Wertes T-S beantworten könnte. Zur Beantwortung dieser Frage müssen ganz andere Wege eingeschlagen werden. Dazu kann ich am besten ein

Beispiel geben. In erster Linie wähle ich den Bodentypus: die marinen holländischen Tonböden. Von diesen Böden wissen wir, dass sie in ihrer Jugendzeit ausserordentlich fruchtbar sind, und das in jeder Hinsicht. Sie enthalten CaCO_3 , und so lange CaCO_3 anwesend ist, bleiben die Werte S, V und pH praktisch gleich. Der V-Wert dieser Böden ist nun ungefähr 45. Ich meine nun, dass dieser V-Wert von ungefähr 45 der optimale V-Wert für diesen Bodentypus ist. Die älteren Böden von diesem Typus, welche kein CaCO_3 mehr besitzen und schon sauer reagieren, haben einen niedrigeren V-Wert von z. B. 40 bis 35. Man kann nun ausrechnen, wieviel Kalk die Ton-Humussubstanz von diesen älteren Böden adsorbieren muss, um wiederum auf den V-Wert 45 (nach Hissink) zu kommen. Es sei hier bemerkt, dass zu diesem Zweck mit mehr Kalk als die berechnete Menge beträgt, gedüngt werden muss. Ein anderes Beispiel liefern unsere sandigen Humusböden. Diese sind am besten, wenn sie pH-Werte von ungefähr 6 bis 6.5 besitzen. Man kann dann sowohl Kartoffeln, Hafer, Roggen (Düngung mit Superphosphat und Ammoniumsulfat) als Erbsen und Zuckerrüben und auch Klee mit Thomas-schlackenmehl und Kalk- oder Natronsalpeter anbauen. Diese Böden haben V-Werte von 25 bis 30, und man kann die sandigen Humusböden also in der Weise kalken, dass der V-Wert auf 25 bis 30 kommt. Auch hier gilt das Obengesagte, dass zu diesem Zweck mehr Kalk als die berechnete Menge anzuwenden ist. Weiter darf diese Menge nicht mit einem Male verabreicht werden.

Das ist der Weg, um die praktische Bedeutung der V-Werte kennen zu lernen und ich gestehe, dass in dieser Hinsicht wohl alle V-Werte dieselbe Bedeutung haben.

So wie die Sachen jetzt liegen, hat Kotzmann völlig Recht, wenn er schreibt, dass die jetzt angewandten V-Werte innerhalb so weiter Grenzen liegen, dass ihre vergleichsweise Verwendung im internationalen Verkehr völlig illusorisch ist und nur zu Missverständnissen Anlass gibt. Ich unterstütze also den Vorschlag von Kotzmann, die verschiedenen Verfahren zur Bestimmung der Ungesättigtheit von Böden (Wert T-S) international einer Vergleichsprüfung zu unterziehen. Diese Arbeit muss sich jedoch auf die verschiedenen Methoden zur Bestimmung des S-Wertes ausdehnen; sie muss Ende 1939 fertig sein, sodass die nötigen Vorschläge den 1940-Kongress rechtzeitig erreichen können. Ich nehme an, dass die Leitung dieser Zusammenarbeit in Händen von unseren ungarischen Kollegen liegt;

nur möchte ich gerne sehen, dass die Sache mit mir überlegt wird. Weiter bin ich bereit, den mitarbeitenden Instituten die Standardbodenproben zugehen zu lassen.

SCHRIFTTUM.

1) Es sei auf die Literatur „*Transactions of the Third International Congress of Soil Science*“ hingewiesen (Oxford, Vol. II, 1935, p. 60—74).

2) Siehe auch: The reclamation of the Dutch saline soils (solonchak) and their further weathering under the humid climate conditions of Holland, by D. J. Hissink; *Soil Science*, Vol. 45, no. 2, February, 1938, p. 83—94.

3) Ich möchte hier noch gerne Bemerkung 17, aus den Verhandlungen von Oxford (Band II, 1935, Seite 73) zitieren, welche verschiedene Äusserungen zu Gunsten meiner Ansichten enthält. *Soil Conditions and Plant Growth*, by E. John Russell, 1932, page 187: Bradfield showed that the hydrogen in clay was not all replaced till a pH of 10 or 11 was reached. *Soil Science*, Vol. XXXVIII, page 464: In view of the fact that a soil is theoretically saturated only when a pH value of 14 is reached (A. Floyd Heck). Verhandlungen der Zweiten Kommission, Sowjet Sektion, Moskau, Ud.S.S.R., Band A, I, Seite 35: Jene Methoden, bei welchen der Boden mit Bariumionen gesättigt wird, indem man ihn mit einer Barytlösung behandelt (z. B. die Methode von Hissink), entsprechen offenbar den oben angeführten Bedingungen der Bestimmung der Adsorptionsfähigkeit des Bodens (B. P. Nikolsky). Weiter kommt Novák zu der Schlussfolgerung, dass sich von den in Betracht kommenden Methoden für die Bestimmung des V-Wertes am besten die Methode von Hissink bewährt (Bulletin des Instituts des recherches agronomiques de la République Tchécoslovaque, No. 57, 1933, Seite 55). Siehe schliesslich auch Joret, Malterre et Gazaban, *Annales Agronomiques*, 4e Année (1934), 463—469.

4) Siehe: Der mineralische Bodenkomplex von D. J. Hissink, S. B. Hooghoudt und Jac. van der Spek. *Soil Research*, Band V (1936), No. 1, Seite 21—56.

Zur Diskussion ergreift das Wort

Hendrick: Thanked Dr Hissink for his address and remarked that the powerful method placed at our disposal by physicists, X-ray examination of the structure of molecules, was already being applied to clay and we had already gained considerable insight into the nature of clay molecules. These indicate that X-ray analysis might be applied to the study of base exchange in clay, and would probably throw much light on what actually takes place.

Jacob: Der Vorwurf gegen die Methode Vageler-Alten, dass sie keinen praktisch bedeutsamen T-Wert ergebe, ist nicht berechtigt. Die Methode ist eine Laboratoriumsmethode, die den theoretischen T-Wert mit Hilfe der Pauli-Valeischen Hyperbelformel errechnen lässt, um den Boden auf diese Weise zu charakterisieren. Wir haben die Gültigkeit der Formel nachgeprüft und haben natürlich gewisse Abweichungen gefunden da die Formel für den reinen Ton-Adsorptionskomplex

gilt, während in der Natur Humus, Hydrolyse, usw. gewisse Abweichungen bedingen. Die von Alten veröffentlichte neue Arbeit trägt dem z. T. bereits Rechnung.

Tovborg-Jensen: In our first publication on the use of the quinhydrone electrode in soil work Dr Christensen and I mentioned that for certain soils it gave erroneous results. The glass electrode comes close to the ideal and combined with the new types of potentiometers it should be possible to use it also in routine work.

Dr Hissink's T, S and V values are put forward on a purely empirical basis as a working hypothesis and have been extremely useful for practical work. They will continue to be so until they perhaps some day may be replaced by others based on more advanced theories. Whether they should be used in the form proposed by Hissink or they should be modified, is of minor importance. Personally I would prefer the modification proposed by Bradfield at the Copenhagen meeting, 1933, because the T, S and V values by this come closer to actual field conditions.

Mautner: Das Endziel der Messung der Ungesättigtheit ist: den Kalkbedarf des Bodens zu bestimmen. Die pH-Messungen erlauben uns qualitativ festzustellen ob der betreffende Boden kalkdürftig ist oder nicht. Die Grösse des Kalkbedarfes zeigen sie uns aber nicht an. Die pH-Werte stellen nämlich keine quantitativ verlaufend chemische Reaktionen dar, sondern bloss die Gleichgewichtszustände umkehrbarer chemischer Prozesse. Dieser Gleichgewichtszustand hängt von dem Medium ab in welchem sich die Reaktion abspielt und aus diesem Grund erhält man in verschiedenen Medien verschiedene pH-Werte. Wenn ein Boden sauer reagiert, so löst diese Säure die puffernd wirkenden Bodenbestandteile, wodurch Säure verbraucht wird. Der pH-Wert stellt diejenige Säurekonzentration dar, bei welcher eben soviel Säure entsteht, als zur Lösung der Pufferbestandteile verzehrt wird. Indem wir aus der Messung der pH-Werte die Menge der Pufferbestandteile noch nicht kennen, so können wir auf diese Weise die zuzugebende Kalkmenge auch nicht bestimmen.

Um diese Schwierigkeiten umgehen zu können ist man zur Bestimmung der Ungesättigtheit geschritten. Diese Methode lässt aber den Kalkbedarf ebenfalls nicht bestimmen.

Hissink hat gefunden, dass die Böden nicht nur in saurem und neutralem, sondern auch in alkalischem Zustande, bis etwa pH 11 noch immer Kationen adsorbieren können. Daraus folgt, dass die Böden nicht bis 100 % gesättigt werden sollen, sondern weniger. Zu welchem Grade die Sättigung stattfinden soll, konnte bisher nicht festgestellt werden.

Hissink hat zwischen den pH-Werten und seinen V-Werten folgende Zusammenhänge gefunden (S. Verh. I. Int. Kongr. I. B. G.):

Bodennummer	pH	V	Bodennummer	pH	V
1690	5.03	21.5	1698	6.83	34.9
1691	4.22	14.9	1697	4.83	16.5
1718	5.90	28.0	2335	6.28	50.9
1724	4.58	15.9	2337	5.07	41.9
2145	5.26	25.7	1937	7.35	48.3
2146	5.10	23.4	1939	6.19	40.0
2329	5.03	11.9	1944	7.83	53.2
2330	4.13	9.7	1946	7.56	56.1

Ein Boden (Nr. 1690) mit pH 5.03 war zu 21.5 % gesättigt; ein anderer Boden (Nr. 2329) mit demselben pH-Wert nur zu 11.9 % und ein dritter Boden mit fast dem gleichen pH, nämlich 5.09 war zu 40.9 % gesättigt.

Hissink hat die Bodenproben potentiometrisch auf 7.0 pH, also bis zum neutralen Zustand titriert. Ich errechnete auf Grund seiner Titrationsergebnisse die betreffenden V-Werte, nach der erfolgten Titration, also diejenigen V-Werte, welche pH 7.0 entsprechen. Es wurden folgende V-Werte erhalten:

Bodennummer	V	pH	Bodennummer	V	pH
1690	35.3	—	1698	35.8	—
1691	37.5	—	1697	38.5	—
1718	35.5	—	2335	52.8	—
1724	36.2	—	2337	52.0	—
2145	36.9	—	1937	—	7.35
2146	37.2	—	1939	46.8	—
2329	36.8	—	1944	—	7.83
2330	40.0	—	1946	—	7.56

Wie wir sehen wechseln die dem neutralen Zustand entsprechenden V-Werte sehr stark, zwischen 33 und 53. Kotzmann hat sogar bei den ungarischen Löss-Rendzinaböden 80—90 % bekommen.

Die Messung der V-Werte lässt den Kalkbedarf nicht bestimmen, sie zeigt in vielen Fällen die Kalkbedürftigkeit sogar nicht einmal qualitativ an. Kotzmanns Modifikation verbessert zwar die Messung der T-S-Werte, indem man keine aliquoten Teile zurücktitrieren muss, jedoch weichen seine T-S-Werte von denen Hissinks nur wenig ab und es ist kaum wahrscheinlich, dass seine Methode die Kalkfrage lösen könnte.

Ich glaube der Lösung der Kalkfrage könnten wir auf einem anderen Wege wesentlich näherkommen. Wir könnten durch potentio-

metrische Titration jene Kalkmenge bestimmen, die für das Erreichen des optimalen pH-Wertes notwendig ist. Dieses Ziel zu erreichen, müssen wir zuerst zwei Hindernisse aus dem Wege schaffen: 1) wir müssen für jede Pflanze das pH-Optimum bestimmen; 2) müssen wir das geeignete Medium finden, in welchem die pH-Messung vorgenommen werden soll.

Die pH-Optima könnte man im Freilande derart bestimmen, dass die Versuchspartzen verschiedene Kalkmengen erhalten — wobei andere Dünger vermieden werden müssen. Die pH-Werte müssen während der Vegetationsperiode öfters gemessen und die Ernteerträge untereinander verglichen werden. Wiederholen wir die Versuche mehrere Erntejahre hindurch, dann können die pH-Optima der einzelnen Pflanzen bestimmt werden.

Das Lösungsmittel worin der Boden gelöst werden soll, könnte folgendermassen ermittelt werden. Die Bodenlösung selbst kann als Lösungsmittel verwendet werden. Es wird dabei die Natur nachgeahmt. Der Regen sickert in den Boden ein und löst die löslichen Bodenbestandteile. Als die Wurzel die Lösung aufsaugen, löst sie in ihrem Wege wieder neue Bodenteile.

Es würden noch immer einige strittige Punkte bleiben, wie z. B. die verschiedene Tiefe der Ackerkrume, das verschiedene scheinbare spez. Gew. des Bodens, die Veränderung der pH-Werte mit den Jahreszeiten usw.

Dies würde aber dennoch zur Lösung der Kalkfrage einen grossen Schritt nach vorwärts bedeuten.

B a m b e r g: um die Arbeiten der verschiedenen Forscher besser vergleichen zu können, wäre es angebracht eine Methode zur V-Bestimmung, als Vergleichsmethode, anzunehmen. Was für eine Bedeutung für die praktischen Zwecke, z. B. Bodenkalkung, V hat, ist eine andere Frage. Verschiedene Pflanzen gedeihen bei verschiedenem V gleich gut, da der Pflanzenertrag auch von den absoluten Basenmengen und ihren Verhältnissen abhängig ist. S charakterisiert in der Sättigungsformel nur die Gesamtsumme von Basen. Z. B. sind in einem sauren, stark ungesättigten Boden genügend Austauschalkalimengen vorhanden, so kann auch Rotklee gut gedeihen.

E n d r é d y: dankt Hissink für den Vorschlag die Methode Kotzmann einer internationalen Prüfung zu unterziehen. Er meint auch, dass die in Groningen für die Prüfung der pH-Bestimmungsmethoden ausgewählten Bodenproben für die Nachprüfung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Ungesättigtheit (T-S-Werte) der Böden am geeignetsten wären. Man muss aber auch beachten, dass Böden mit verschiedenen Tonmineralien auch Differenzen zeigen

können und schlägt deshalb vor, möglichst Böden auszuwählen, deren Tonmineralien verschieden sind.

Als erstes Richtmass kann dabei die Adsorptionskapazität (T) der verschiedenen Böden, mit Berücksichtigung der Menge des dispergierten Rohtongehaltes dienen. Als Vergleichsmethode zu der von Kotzmann vorgeschlagenen Arbeitsweise möchte er noch die Methode von Vageler-Alten, (mit Natriumazetat) empfehlen.

Als Bedenken gegen die Methode Hissink führt er auf, dass bei langer Behandlung mit starken Laugen die Tonmineralien sicher angegriffen werden.

Greene: urged the desirability of obtaining chemical data as to the way in which soils react with neutral solutions and with basic solutions. The matter is not only of scientific interest but in some cases of economic importance. For this purpose it would be advantageous to use the standard soils which Dr. Hissink has available at Groningen. Mr. O. W. Snow, working in the Sudan has now obtained very detailed data dealing with the reaction between standard soil Nr. 1. and ammonium, sodium, potassium, calcium and magnesium chlorides. No theoretical expression for the course of the reaction is put forward at present.

Crowther: asked the meeting to consider what additional kinds of soils should be added to the present standard series to obtain as widely representative soils as possible.

Hissink beantwortete später die Teilnehmer an der Diskussion folgendermassen:

1) Hendrick. With Prof. Hendrick, Hissink hopes that X-ray analysis may be applied in future to the study of base-exchange in clay, and will throw more light on what actually takes place.

2) Jacob. Hissink wiederholt nur, dass der Sättigungs-Endpunkt nach der Methode Vageler-Alten von der angewandten Lösung abhängig ist (für Calciumazetat also anders als für Natriumborat).

3) Tovborg-Jensen. Hissink would merely remark that in arid climates soils occur with V-values according to Bradfield higher than 100 (see paper Kotzmann).

4) Mautner. Hissink bemerkt, dass Mautners Bemerkungen den Eindruck erwecken, schon vor Kenntnisnahme von Hissinks Vortrag abgefasst zu sein; Hissink kann sich also in Hauptsache darauf beschränken, auf die abgehaltene Einleitung hinzuweisen. Was betrifft die Unterschiede in V-Werten bei Böden mit gleichen pH-Werten, bemerkt Hissink, dass es sich hier in erster Linie um den Einfluss des Bodentyps handelt (Mineralböden, Humussandböden, Moorböden); es liegt auf der Hand, dass die V-pH-Linie für Humus-

säuren anders verläuft als für Tonsäuren. Für den Zusammenhang zwischen pH und V bei Humusböden sei auf Tabelle I, Seite 199, Teil A der Verhandlungen der zweiten Kommission (Groningen 1926) hingewiesen.

5) B a m b e r g. Hissink behauptet, dass ihm keine stark ungesättigten, also sehr stark sauren Böden, bekannt sind, auf welchen trotzdem Rotklee gut gedeiht.

6) E n d r é d y. Hissink stellt die Frage, ob der Angriff der Tonmineralien bei der Behandlung mit Baryt (T-S-Methode nach Hissink) bewiesen ist, und wo die betreffende Literatur erschienen ist.

7) G r e e n e. Hissink takes the opportunity of calling attention to the collection of Standard Soil Samples which the Society has available at his Institute in Groningen (see Communications in the green Journal, Volume XI, No. 1 and Volume XII, No. 2). So far, only 6 applications for this collection have been received, whilst results of an investigation have only been received from one Institute.

8) C r o w t h e r. Hissink supports Crowther's suggestion that more kinds of soil should be included in the investigation.

Nach der Diskussion wurde der Vorschlag von Kotzmann angenommen; die Leitung dieser Zusammenarbeit wird in Händen der ungarischen Kollegen gelegt.

MINUTES OF THE MEETING OF THE II. COMMISSION
ON 27. JULY 1938.

Chairman: Prof. J. HENDRICK.

Secretary: Dr FR. ZUCKER.

Opening the session the chairman asked Dr Giesecke to give his report dealing with the problem of soil nutrients.

Giesecke gave his report as follows:

F. GIESECKE, *Berlin-Dahlem.*

BESTIMMUNG DES NÄHRSTOFFZUSTANDES DES BODENS
MITTELS CHEMISCHER LABORATORIUMSMETHODEN.

Über das mir gestellte Thema sind zu unserer diesjährigen Kommissionstagung keine Spezialarbeiten eingelaufen. Wenn ich trotzdem versuchen werde, einen gewissen Überblick über die Problemstellung zu geben, so deshalb, weil in einer anderen Arbeit, die zu dieser Tagung eingereicht wurde, auf die Ermittlung der Düngebedürftigkeit eingegangen wurde. Es handelt sich um die Arbeit von Dr. Stefan Mautner und Dr. Elisabeth Roboz: "Gesetzmässigkeiten bei der Adsorption der Phosphorsäure und des Kalis im Boden". Die beiden Verfasser gehen bei der Abfassung ihrer Arbeit davon aus, dass die Vorstellung von dem Ausscheiden schwach saurer Wurzelsäfte der Pflanzen aus physikalisch-chemischen Gründen falsch sei. Die Nährstoffaufnahme findet in dieser Arbeit ihre Erklärung, dass die Nährstoffe im gelösten Zustand im Boden vorhanden sein müssen, um von den Pflanzen aufgenommen zu werden. Auf diese löslichen Bodenbestandteile wirken nach Angabe der genannten Autoren 2 Kräfte:

- 1) die Saugkraft der Wurzeln, und
- 2) die Adsorption des Bodens.

Ohne auf diese Theorie näher einzugehen, erscheint es mir wichtig, das Entscheidende der vorgenannten Arbeit in bezug auf die Bodenuntersuchungsmethoden anzuführen. Das Entscheidende ist nun hierbei der Zweifel der Autoren an der Richtigkeit und damit der Anwendungsmöglichkeit der bisher bekannten Bodenuntersuchungs-

methoden. Als Einwand werden bei den chemischen Bodenuntersuchungsmethoden 2 Gründe angeführt:

1) Zweifel an dem Ausscheiden von sauren Wurzelsäften durch die Pflanzen,

2) Zweifel an der Richtigkeit der Grenzwerte.

Bei den biologischen Boden-Untersuchungsmethoden wird von der Neubauer-Methode angeführt, dass sie

1) nicht dem Minimumgesetz genüge,

2) die aufnehmbaren Nährstoffe nicht ganz erfasse und

3) mit nicht sicher feststehenden Grenzwerten arbeite.

Bei der Aspergillus-Methode wird von den Verfassern bemängelt,

1) dass Zustandsänderungen, z.B. in der Reaktion, eine eindeutige Antwort verwehren,

2) dass die Aspergillus-Methode nicht eine einzelne Frage beantworte, sondern nur eine Kombinationswirkung anzeigt.

Die Mitscherlich-Methode wird wohl als gut, aber als zu kostspielig und langwierig hingestellt. Aus diesem Grunde schlagen die Autoren vor, die Methode zur Ermittlung der Düngebedürftigkeit nach Mitscherlich so zu ändern, dass der Vegetationsversuch schon nach 15 oder 30 Tagen geerntet wird.

Zu all diesen Einwänden möchte ich nur das eine sagen, dass gerade diese entscheidende Änderung des Mitscherlich-Verfahrens die Mitscherlichsche Grundidee völlig vernachlässigt und so der Abänderungsvorschlag nichts anderes darstellt als einen Mangelversuch mit "Keimpflanzen" oder noch sehr jungen Pflanzen. Auch erscheint es mir nicht verständlich, dass auf Grund eines solchen abgeänderten Mitscherlich-Versuchs die Möglichkeit zur Umrechnung auf die Höhe und Art der Düngermengen gegeben ist, wohingegen von Mautner bei allen anderen Verfahren diese Umrechnungsmöglichkeit in Abrede gestellt wird. Beim Studium der oben erwähnten Arbeit zwingt sich dem Leser der Eindruck auf, als wäre alles Bemühen bei der Frage nach der Ermittlung der Düngebedürftigkeit der Böden umsonst gewesen.

Es sei mir daher gestattet, um die bodenkundliche Arbeit in vielen Ländern in dieser Richtung richtig darzustellen, einen kurzen Überblick zu geben und dabei auch gewisse Erfolge seit unserem letzten Zusammentreffen in Oxford 1935 zu streifen.

Natürgemäß haften allen Bodenuntersuchungsmethoden gewisse Mängel an, was dem Bodenkundler und auch dem Landwirt als erklärlich erscheinen muss, da ja das Substrat Boden ein Komplex einer Unzahl verschiedener Stoffgruppen ist. Bei der Durchsicht des

Schrifttums lässt sich feststellen, dass in neuerer Zeit die Schwierigkeiten in zweierlei Art als die grundlegenden bei der Bewertung anzusprechen sind:

- 1) die Bodenprobenahme,
- 2) die Bezugsgrösse.

Auf den ersten Punkt — die Bodenprobenahme — ist es nicht nötig, des näheren einzugehen, wobei ich allerdings betonen möchte, dass die Nährstoffwanderung, die verschiedenen Bodenhorizonte, das verschiedene Adsorptionsvermögen in den einzelnen Schichten u. a. m. in Zukunft bei der Probenahme in irgend einer Weise berücksichtigt werden sollten. Über den zweiten Punkt — die Bezugsgrösse — wurde auf der Königsberger Verhandlung (1935) eingehend gesprochen. Zu den vergleichenden Untersuchungen mit den verschiedensten Methoden an 120 Proben aus den verschiedensten Ländern der Erde war als Vergleichsmassstab die Mitscherlich-Methode genommen worden. Besonders O. de Vries und eine Reihe anderer Kollegen haben in Königsberg darauf hingewiesen, dass auch der Feldversuch als Vergleichsgrundlage hinzugezogen werden muss, zumal ja die praktische Bodenuntersuchung auch praktische Zielsetzung hat. Es untersteht keinem Zweifel, dass Mitscherlich mit Recht sagt: Ich kann eine Methode nur an einer anderen Methode vergleichend prüfen, wenn genau das gleiche Ausgangsmaterial vorliegt. Andererseits handelt es sich bei dem Bemühen um die Schaffung einer Bodenuntersuchungsmethode darum, eine solche Methode zu finden, die den praktischen Bedürfnissen des Bauern und Landwirtes entspricht. Wir suchen also eine solche Methode, die uns möglichst schnell auf einfachstem analytischen Wege und möglichst billig Auskunft darüber erteilt, welche Düngermengen dem Boden zur Erreichung von Höchsternten zu verabreichen sind.

Um nun den Mitscherlich'schen Gedanken mit den Ansprüchen an eine auch den praktischen Verhältnissen dienende Bodenuntersuchungsmethode zu vereinen, sind wir in Deutschland dazu übergegangen, einen "idealen" Feldversuch in seinen Grundsätzen festzulegen. Es handelt sich um 3- bis 5-jährige Feldversuche, die auf 1 qm-Parzellen unter besonderen Verhältnissen und nach bestimmtem Düngungsplan in verschiedenen Klimagebieten als Vergleichsmassstab dienen sollen.

In Deutschland haben in den letzten Jahren 2 Prüfungen der Bodenuntersuchungs-Schnellmethoden stattgefunden. Über die Auswertung dieser Prüfungen wird in Kürze R. Hermann auf der 3. Reichstagung der deutschen landwirtschaftlichen Chemie berichten¹⁾. Eines lässt sich den Ausführungen Herrmanns aber schon vorwegneh-

men, nämlich die Tatsache, dass es nicht leicht ist, die Ergebnisse der Bodenuntersuchungsmethoden auszuwerten ²⁾. Ausserdem lässt sich für deutsche Verhältnisse, und das gilt auch sicher für viele andere Länder, schon sagen, dass auch in bezug auf die Durchführung, d. h. die Handhabung der Methodik, bestimmte Grundsätze anzuwenden sind: Exaktheit, Schnelligkeit und Billigkeit. Diese Grundsätze müssen in Deutschland mehr als bisher beachtet werden, da beabsichtigt ist, in jedem Jahr 3 bis 3 1/2 Millionen Bodenproben auf ihren Nährstoffzustand und Kalkzustand zu untersuchen. Da an der Durchführung und besonders an den Kosten der Bodenprobenahme kaum etwas zu ändern sein wird, ergibt sich die Notwendigkeit, die Durchführung der chemischen Bestimmungsmethoden bei mindestens gleichbleibender Genauigkeit zu vereinfachen und zu beschleunigen, womit auch eine Ersparnis an Unkosten verbunden sein sollte. Bei dem bisherigen Stand der praktischen Bedürfnisse kommen in Deutschland in erster Linie Phosphorsäure- und Kali-Bestimmungsmethoden in Betracht. Bezüglich der Phosphorsäurebestimmung haben wir eine Verbilligung und Beschleunigung der Methode durch die Anwendung der Zindzadze-Methode bei gleichzeitiger Anwendung des Lange-Photometers erreicht. Ich verweise hierzu auf das nachgenannte Schrifttum ³⁾. Es kann noch darauf hingewiesen werden, dass eine Hilfskraft täglich 200 bis 250 Phosphorsäurebestimmungen durchführen kann.

Bei dieser Gelegenheit darf ich noch auf eine neue titrimetrische Bestimmung der Phosphorsäure meines Mitarbeiters W. Rathje ⁴⁾ aufmerksam machen. Über die Anwendbarkeit, Schnelligkeit und Exaktheit bei der Ermittlung des Nährstoffzustandes der Böden wird in absehbarer Zeit berichtet werden.

Bezüglich der Kalibestimmung sah es bisher aus rein analytischen Gründen mit einer Beschleunigung und Verbilligung sehr schlecht aus. Erst durch die Einführung der Spektrographie und Flammenphotometrie in die Landwirtschaftschemie und bodenkundliche Untersuchungsmethodik ist es schlagartig geglückt, auch hier bisher für nicht möglich gehaltene Erfolge zu erzielen. Die Vorzüge der Spektrographie liegen nicht nur in der Schnelligkeit der Durchführung, sondern auch in der hohen Nachweisempfindlichkeit. Ohne auf die verschiedenen Verfahren (Lundegårdh-Methode, Lichtbogen-Methode nach Goldschmidt und Hochfrequenzfunkenmethode nach Gerlach) hier näher einzugehen, sei auf die flammenphotometrische Bestimmung nach Schuhknecht ⁵⁾ in ihrer Anwendung auf die Kalibestimmung in Neubauer-Aschen kurz eingegangen ⁶⁾. Für diese Kaliumbestimmungen ist eine direkte flam-

menphotometrische Bestimmung ausgearbeitet worden. In eine Azetylenluftflamme wird die Lösung der zu untersuchenden Substanz in fein verteilter Form hineingebracht und die Flamme unter Vorschaltung eines selektiv absorbierenden Farbfilters, welches nur für die rote Kaliumlinie durchlässig ist, photometriert. Die Vorteile dieser Bestimmungsmethode liegen nicht nur in der grossen Schnelligkeit der Durchführbarkeit, sondern ganz besonders in der sehr hohen Genauigkeit ($\pm 0.5\%$ genau). Es ist also mit dieser Methode eine grössere Genauigkeit als mit der Perchlorat- und der Platinechlorid-Methode zur Bestimmung des Kaliums zu erreichen. Als Nachteil der Methode ist das Vorhandensein von fremden Substanzen (Mg , Ca , PO_4 , SO_4) zu betrachten; diese stören, wenn sie in einer solchen Menge vorliegen, die der etwa 10-fachen Menge des Kaliums entspricht. Nach unseren bisherigen Erfahrungen kommt also diese Bestimmungsmethode ganz besonders für Pflanzenaschen in Frage. Bezüglich der Anwendung dieser Methode bei Bodenauszügen müssen weitere Untersuchungen in ihren Ergebnissen abgewartet werden. Dass es aber heute möglich ist, auf Grund der Flammenphotometrie die Kalibestimmung in Pflanzenaschen (z. B. Neubauer-Pflanzenaschen) so zu intensivieren, dass durch eine Hilfskraft täglich mehr als 200 Kaliumuntersuchungen durchgeführt werden können, scheint mir ein ungeheuer grosser Fortschritt zu sein, der sich zum Nutzen der Landwirtschaft aller Völker der Erde auswirken möge.

SCHRIFTTUM.

- 1) Vergl. Sonderheft Nr. 11, 1938 der Zeitschrift "Der Forschungsdienst".
- 2) H. NIKLAS, O. TOURSEL u. M. MILLER: "Die Feststellung der Treffsicherheit von Untersuchungsmethoden und Ergebnissen auf mathematisch-graphischem Wege", Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 9/10, S. 65, 1938.
H. NIKLAS u. M. MILLER: "Die Bestimmung von Grenzzahlen der Bodenuntersuchungsmethoden nach der Rangmethode", Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 8, S. 262, 1938.
H. NIKLAS, M. MILLER u. O. TOURSEL: "Über den Einfluss der Verteilung von Nährstoffarmen und -reichen Böden innerhalb einer Bodenserie bei der wissenschaftlichen Bewertung der Treffsicherheit von Bodenuntersuchungsmethoden", Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 8, S. 266, 1938.
- 3) F. GIESECKE, G. MICHAEL u. L. SCHULTE: "Zur kolorimetrischen Bestimmung der Phosphorsäure in Pflanzenaschen mit Hilfe des Photozellen-Kolorimeters nach Lange", Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 7, S. 171, 1938.
H. RIEHM: "Die Bestimmung der laktatlöslichen Phosphorsäure im Boden unter Verwendung eines lichtelektrischen Kolorimeters", Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 9/10, S. 30, 1938.
- 4) W. RATHJE: "Eine neue titrimetrische Bestimmung für Phosphorsäure", Angewandte Chemie, 51, 256, 1938.

5) W. SCHÜHNKNECHT: "Spektralanalytische Bestimmung von Kalium", *Angewandte Chemie*, 50, 299, 1937.

6) F. KEITSCHER: "Versuche mit der Siemens-Apparatur zur flammenphotometrischen Bestimmung des Kaliums in Neubauer-Pflanzenaschen", *Bodenkunde und Pflanzenernährung*, Bd. 9/10, S. 758, 1938.

W. LEHMANN: "Flammenphotometrische Kaliumbestimmung nach Schühnknecht im Vergleich zur gewichtsanalytischen Bestimmung in Pflanzenaschen, Futter- und Düngemitteln", *Bodenkunde und Pflanzenernährung*, Bd. 9/10, S. 766, 1938.

F. GIESECKE u. W. RATHJE: "Bericht über die bisherigen Versuchsergebnisse mit dem Siemens- und dem Zeiss-Gerät zur flammenphotometrischen Kaliumbestimmung in Pflanzenaschen", *Bodenkunde und Pflanzenernährung*, Bd. 9/10, 776, 1938.

L. SCHMITT u. W. BREITWIESER: "Die Anwendbarkeit verschiedener Apparaturen zur flammenphotometrischen Bestimmung des Kaliums in Neubauer Pflanzenaschen", *Bodenkunde u. Pflanzenernährung*, Bd. 9/10, S. 750, 1938.

In the discussion the following members took part.

Mautner: Vorliegende Arbeit stellt eine ganz neue Auffassung des Nährstoffproblems dar. Sie bricht mit der alten Auffassung nach der die Bodenwurzel saure Flüssigkeiten aussenden und diese Flüssigkeiten die Bodennährstoffe in Lösung bringen. Ausser den Gründen, die gegen diese Theorie sprechen und in der Arbeit bereits ausgeführt sind, möchte ich noch zwei Gründe anführen:

1) Die Wurzelbakterien gedeihen nur in schwach alkalischen Medien;

2) Der jahrtausende dauernde Pflanzenbau müsste nach der Wurzelsäuretheorie jeden Boden versauern was jedoch nicht der Fall ist.

Vorliegende Arbeit erklärt die Nährstoffaufnahme des Bodens mit der lösenden Wirkung der Kohlensäure und der adsorptiven Wirkung des Bodens. Mit der Bodenadsorption kann erklärt werden, dass Kunstdünger auch dann versagen können, wenn ein Nährstoffmangel vorhanden ist. Es wurden einige Gesetzmässigkeiten der Bodenadsorption konstatiert. Es wurde konstatiert, dass die Adsorption mit der Verdünnung abnimmt, ein Phenomen, das auch andere Forscher (di Gleria-Telegdy Kováts) beobachteten.

Es wurde weiter konstatiert, dass bei den untersuchten Böden mit fortschreitender P_2O_5 -Zugabe die Ausnützung des Kunstdüngers besser wird. Es war einzig und allein eine Frage offen geblieben, nämlich ob die Adsorption auf physikalische oder auf chemische Vorgänge zurückzuführen ist. Dass chemische Vorgänge hierbei eine grosse Rolle spielen, wurde nachgewiesen. Die physikalischen Einflüsse konnten jedoch nicht einwandfrei festgestellt werden und deshalb wurde die Frage offen gehalten. Es entstand ein kleiner Widerspruch. Wie ist es möglich, dass die Adsorption ebenso mit der Verdünnung der

Lösung, als auch mit zunehmender Phosphorsäurezugabe (also Konzentrierung) abnimmt. Die erste Erscheinung wurde mit dem Löslichkeitsprodukt, die zweite mit dem Massenwirkungsgesetz erklärt. Nach der Abfassung der Arbeit sind Momente aufgetreten, die die einheitliche Aufklärung dieser scheinbaren Gegensätze ermöglichten und die Adsorptionsvorgänge eindeutig erklären konnten. di Gleria und Telegdy Kováts (Mezőgazdasági Kutatások 1937, 10 Heft) haben stets gefunden, dass die Löslichkeit der P_2O_5 mit der Verdünnung zunimmt. Bei einer Erhöhung der Phosphorsäurezugabe nimmt die relative Löslichkeit der Phosphorsäure meistens ebenfalls zu. Sie haben aber von den 17 untersuchten Proben 3 gefunden, bei denen die relative Löslichkeit mit zunehmender P_2O_5 -Zugabe abnimmt. Sie säuerten alle 17 Proben an und erhöhten die P_2O_5 -Gaben. Bei den angesäuerten Proben war überall ein Sinken der P_2O_5 -Löslichkeit mit zunehmender P_2O_5 -Zugabe zu beobachten.

Nach diesen Versuchen liegt die Sachlage vollständig klar (di Gleria und Telegdy Kováts haben allerdings diese Schlüsse noch nicht gezogen.) Bei Lösungsmittelzugabe (d. h. Verdünnung) wird die physikalische Adsorption kleiner, bei der chemischen Adsorption ändert sich nichts, da im Verhältnis der Ionenkonzentration sich ebenfalls nichts änderte. Die Löslichkeit hat in diesen Fällen ausnahmslos zugenommen. Bei P_2O_5 -Zugabe wird die physikalische Adsorption grösser, da die Lösung konzentrierter wurde. Die chemische Adsorption wird hingegen im Sinne des Massenwirkungsgesetzes geringer. Überwiegt die Wirkung der chemischen Adsorption, dann steigt die relative Löslichkeit der P_2O_5 mit fortschreitender P_2O_5 -Zugabe. Überwiegt die physikalische Adsorption, dann nimmt die relative Löslichkeit der P_2O_5 mit zunehmender P_2O_5 -Zugabe ab. Nach Ansäuern des Bodens wird die chemische Adsorption fast vollständig ausgeschaltet, da die Bildung der leichtlöslichen primären Phosphaten dadurch gefördert wird. Es wirkt in diesem Falle nur die physikalische Adsorption und mit fortschreitender P_2O_5 -Zugabe wird die relative Phosphorlöslichkeit immer kleiner.

Auf Grund der Adsorptionsercheinung wurden die bestehenden Bodenuntersuchungsmethoden einer weitgehenden Analyse unterzogen. Es war nicht unser Ziel eine neue Methode zu schaffen, sondern eine schon vorhandene Methode für unsere Zwecke auszugestalten. Es wurde die Mitscherlichsche Methode mit einigen Änderungen im Prinzip angenommen. Die erste Änderung besteht darin, dass man die Versuchspflanzen nicht reifen lassen soll, sondern bereits nach einer kürzeren Zeit sie abschneiden und auswiegen könnte. Die zweite

Aenderung wäre, dass man nicht nur Düngungskombinationen untersuchen soll, sondern auch den ungedüngten Boden und auch Einzeldüngungen, weil es noch überhaupt nicht bewiesen ist, dass die Düngungskombinationen so wirken, wie die Summe der Einzeldüngungen.

Die Vegetationsversuche, die in der vorliegenden Arbeit vorgesehen sind, werden fortlaufend ausgeführt. Sie sind aber noch nicht in spruchreifem Zustande. Möchte aber die Konferenz die in der Arbeit abgestellte Idee für gut finden, so könnten die Vegetationsversuche auf das Program des Berliner Kongress gestellt werden und es ist zu hoffen, dass wir am Kongress zur Lösung der Bodennährstofffrage beträchtlich näher kommen werden.

Giesecke: Dass Düngungsversuche mit den Bodenuntersuchungsergebnissen nicht immer übereinstimmen, liegt in erster Linie an der Bodenprobenahme.

Hissink: Die Feststellung von Düngungsvorschriften gehört nicht zu den Aufgaben meines Institutes. Bei der Lösung dieser Fragen müssen jedoch auch Untersuchungen rein bodenkundlicher Natur ausgeführt werden. Als solche kenne ich u. a. die Einwirkung von Düngemitteln auf die Böden. Was findet z. B. mit dem Kali bei Düngung mit Kalisalzen statt; wird alles Kali das vom Boden aufgenommen wird, im austauschfähiger Form adsorbiert, oder kann auch ein Teil in nicht austauschfähiger Form festgelegt werden und wie muss man sich diese festere Bindung eventuell denken (im Inneren der Bodenpartickelehen)?

Von Prof. Giesecke und auch von anderer Seite ist festgestellt worden, dass alle chemischen Methoden zur Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit ihren eigenen Wert besitzen. Im Institut für Bodenkunde in Groningen wird das Kali, löslich in 5 % HCl und vorhanden in austauschfähiger Form, bestimmt; weiters die P_2O_5 , löslich in HNO_3 und in 1 % Zitronensäure. Die zu prüfenden Böden werden dann mit Böden vom selben Typus und gleicher Schwere, deren Düngungsbedürftigkeit bekannt ist, verglichen. Auf diese Weise ist es z. B. möglich gewesen für die jungen Zuiderseeböden (Wieringermeerpolder) etwas über die P_2O_5 - und K_2O -Bedürftigkeit voraus zu sagen, was später in der Praxis sich als richtig bewiesen hat.

Kruminš: Ich will einige Worte zur Verteidigung der bisherigen chemischen Methoden zur Bestimmung der leichtlöslichen Pflanzennährstoffe sagen. Die meisten von diesen Methoden benutzen für die Herstellung des Bodenauszuges saure Lösungsmittel, da bei der Nährstoffaufnahme durch Pflanzenwurzel tatsächlich mit sauren Aus-

scheidungen zu rechnen ist. Dass die Pflanzenwurzel organische Säuren, wie z. B. Apfelsäure, Zitronensäure u. dgl. ausscheiden können, ist seitens russischer Forscher schon vor vielen Jahren bewiesen worden. In noch grösserer Menge wird von den Pflanzenwurzeln Kohlensäure ausgeschieden. Das ist aus dem bekannten Schülbeispiel über die Einwirkung der Pflanzenwurzel auf eine Marmorplatte bereits bekannt. Dass um die Pflanzenwurzel tatsächlich eine saure Reaktion entstehen kann, auch wenn der Boden eine neutrale Reaktion aufweist, kann mit entsprechenden Indikatoren sehr leicht bewiesen werden. Andererseits, sogar wenn die Pflanzenwurzel keine Säuren ausscheiden würden, sind im Boden andere biologischen Ursachen für die Entstehung der Säuren vorhanden: die Bodenbakterien können nicht nur Schwefelsäure und Salpetersäure, sondern auch verschiedene organische Säuren, wie Buttersäure, Essigsäure u. s. w. erzeugen. Auch die Bodenpilze können Säuren um die Pflanzenwurzel erzeugen. Das sind die Gründe weshalb man bei den bisherigen chemischen Methoden zur Bestimmung der leichtlöslichen Pflanzennährstoffe die sauren Lösungsmittel benutzte. Es ist meine Überzeugung, dass nach den angeführten Gründen Herr Mautner mit seiner Sodalösung nicht weit kommen wird — vielleicht kann sie einen Erfolg bei den alkalischen, aber nicht bei den sauren Böden haben.

In Bezug auf die chemische Bestimmung der leichtlöslichen Pflanzennährstoffe, muss ich im allgemeinen meiner Verwunderung Ausdruck geben, dass die chemischen Methoden bisher so wenig angewandt wurden. Wir haben in Lettland mit chemischen Methoden sehr gute Ergebnisse erzielt u. zw. einerseits mit meinen Halblaboratoriumsmethoden, d. h. mit Phosphometermethode und Kalimetermethode, andererseits mit Laboratoriumsmethoden meines Kollegen Bambergers. Auf diese Weise müssen wir in Lettland verhältnismässig nur wenige Feldversuche ausführen.

Zucker: Im Anschluss auf seine Ausführungen an der Konferenz in Königsberg, bei denen er über Ergebnisse von 500 Feldversuchen, verbunden mit Laboratoriumsmethoden, berichtete, führt er aus, dass es vollkommen gleich ist, welche chemische Laboratoriumsmethode angewendet wird, da eine geübte Hand die Resultate jeglicher Methode gleichgut auswerten kann. Die Auswahl der Methode ist eine Erfahrungs- und Bequemlichkeitsfrage. In einem Land oder bodenkundlichen Distrikt, wo sich eine chemische Methode eingebürgert hat, kann sie natürlich, den Erfahrungen gemäss, deshalb die besten Resultate liefern, da die zu dieser Methode geknüpften Erfahrungen auf einer weitläufigen Basis ruhen. Hierbei müssen aber immer jene sog. "sonstigen Faktoren" in Betracht gezogen werden, die bei der, die

Auswertung folgenden Beratung von Ausschlag sind. Diese Faktoren spielen bei der Auswertung, wie bei der Beratung oft eine grössere Rolle, als die Resultate der chemischen Methode selbst. Dem Umstand kann auch zugesprochen werden, dass die sog. Grenzzahlen von Land zu Land, von Bezirk zu Bezirk, von Boden zu Boden variabel sind, d. h. aber bei näherer Betrachtung, dass eigentliche Grenzzahlen nicht existieren. Die chemischen Methoden geben jedenfalls relative Grössen an, die aber nur zur Indikation des Nährstoffzustandes beitragen, aber uns nicht ermächtigen daraus eine absolute Konklusion auf die Düngbedürftigkeit ziehen zu können. Er möchte deshalb auch den Ausdruck "Grenzzahl" verwerfen und den richtigeren Ausdruck "Indikationszahl" vorschlagen. Die Bodenkundler in Ungarn haben diesen Erfahrungen Rechnung tragend, bereits beschlossen diese Benennung einzuführen und bei der Auswertung und Beratung die angeführten Prinzipien im Auge zu halten.

Mautner: Bemerkt zu den Ausführungen von Kruminš, dass er stets mit CO_2 -Wasser arbeitete und niemals in alkalischer Lösung; es scheint also ein Missverständnis vorzuliegen.

Chairman: Wishes to thank to Dr Giesecke and all others for the interesting report and discussion and interrupted the session for a few minutes in order to preapre for the next paper given by

Trénel: on the importance of the rare elements.

M. TRENEL, *Berlin.*

ÜBER DIE BIOLOGISCHE BEDEUTUNG DER SPUREN-ELEMENTE.

Die gemeinschaftlichen Forschungen von Bodenkundlern und Botanikern haben ergeben, dass wir unsere bisherige Auffassung über die Düngung der Kulturpflanzen einer Revision unterziehen müssen. Durch Wasserkulturen schien bisher einwandfrei festzustehen, dass nur folgende 10 Elemente für eine gesunde Entwicklung der Kulturpflanzen notwendig sind: Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Magnesium, Phosphor, Schwefel, Kalium, Kalzium, Eisen. Von diesen Elementen bauen nur 6, nämlich die Nichtmetalle Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Phosphor und Schwefel, die organische Substanz der Pflanzen auf, während die Metalle — mit Ausnahme des Magnesiums, das nach Willstaetter im Blattgrün chemisch eingebaut ist — als elektrisch geladene Ionen den Stoffwechsel der Pflanze steuern. So sind insbesondere das Eisen als Ka-

talysator für die Atmung und das Kalium für den Aufbau von Zucker und Stärke aus dem Kohlenstoffdioxid der Luft notwendig.

Im Laufe der beiden letzten Jahrzehnte traten in den verschiedensten Teilen der Welt beim intensiven Anbau verschiedener Kulturpflanzen auf gewissen, in der Regel mineralarmen Böden überraschende Krankheitserscheinungen auf, die sich durch Zugabe kleinster Mengen von anderen, in der obigen Aufstellung nicht enthaltenen Elementen, beseitigen liessen. Auf das Bor sind die Botaniker sehr frühzeitig aufmerksam geworden; so haben bereits A. Wittstein und F. Apio ger im Jahre 1857 über den Borgehalt der Samen von Measa Pieta und der französische Forscher E. Peligot 1876 über den günstigen Einfluss des Bors auf das Wachstum von Bohnen berichtet, ohne dass diese wissenschaftlichen Beobachtungen irgendwie für die Praxis ausgewertet wurden. Das hatte seinen guten Grund darin, dass in der Regel die Böden, weil sie ja durch Verwitterung von Gesteinen entstanden sind, nahezu alle Spurenelemente enthalten und zwar häufig in überraschend grossen Mengen; die Allgegenwart der Keime hat ihr Gegenstück in der Allgegenwart der Elemente.

Ein Blick auf das periodische System der Elemente (siehe Abb. 1) zeigt, dass sich die klassischen Pflanzennährstoffe Stickstoff,

Gruppe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
<i>Typus der Verbindungen mit Wasserstoff bezw. Sauerstoff</i>	MH	MH ₂	MH ₃	MH ₄	MH ₅	MH ₆	MH ₇		
	H ₂ O	MO	M ₂ O ₃	MO ₂	M ₂ O ₅	MO ₃	M ₂ O ₇	MO ₃	MO ₂
<i>Erste Periode</i>	He 2.04	Li 6.94	Be 9.01	B 10.8	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.0	
<i>Zweite Periode</i>	Ne 20.2	Na 23.0	Mg 24.3	Al 27.1	Si 28.3	P 31.04	S 32.07	Cl 35.46	
<i>Dritte Periode</i>	Ar 39.9	K 39.1	Ca 40.1	Sc 44.1	Ti 48.1	V 51.09	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85
		Ge 72.6	Zn 65.4	Ga 69.7	Ge 72.6	As 74.9	Se 78.96	Br 79.90	
<i>Vierte Periode</i>	Kr 83.8	Rb 85.4	Sr 87.6	Y 88.9	Zr 91.2	Nb 92.9	Mo 95.9		Ru 101.1
			Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	Pd 106.4

Abb. 1. Periodisches System der Elemente. Klassische Nährstoffe dunkel; wichtige Spurenelemente halbtön.

Sauerstoff, Phosphor, Schwefel in Richtung auf die negativ geladenen Elemente unmittelbar an den genau in der Mitte des Systems stehenden Kohlenstoff anschliessen. Die für das Pflanzenwachstum notwendigen Metalle, das verwandlungsfähige

Eisen aus der VIII Gruppe und die stark positiven Elemente Magnesium, Kalium, Kalzium sind von dem geschlossenen Block der die Gruppen IV, V, VI einnehmenden Elemente abgetrennt. Die Brücke zu ihnen stellt einerseits das Mangan aus der Gruppe VII und andererseits das Bor aus der Gruppe III her; Cobalt ist dem Eisen, Kupfer und Zink sind Kalium und Kalzium unmittelbar benachbart. Auffallenderweise haben sich gerade diese fünf Elemente also Bor, Kupfer, Zink einerseits und Mangan, Cobalt andererseits, ebenfalls als für die Pflanze lebensnotwendige Elemente im Laufe der beiden letzten Jahrzehnte erwiesen. Es zeigte sich, dass bei Manganmangel in ähnlicher Weise wie bei Eisenmangel die Blätter der Pflanzen chlorotisch wurden, ohne dass der Schaden durch Eisen beseitigt werden konnte. Hudig (Holland) hat schon im Jahre 1911 über die erfolgreiche Bekämpfung der Dörrfleckenkrankheit des Hafers durch Mangan berichtet. Durch Düngung mit Kupfersalzen ist, wohl auch hier durch holländische Forscher zuerst, die Heidemoorkrankheit von Roggen, Hafer, Pferdebohnen, die auf den urbargemachten Hochmooren auftrat, erfolgreich bekämpft worden. Bei Bormangel der Rüben tritt die Herz- und Trockenfäule auf. Die in Niederländisch Indien als „Topziekte“ bekannte Erkrankung des Tabaks erwies sich ebenfalls als eine Bormangelkrankheit. Ohne Bor in Wasserkulturen aufgezogene Kartoffelpflanzen rollen die Blätter. Als besonders borbedürftig haben sich Tabak, Tomaten, Kartoffeln, Zuckerrüben und die Leguminosen erwiesen. Amerikanische Forscher konnten Mangelkrankheiten von Citrusarten durch Düngung mit Zinksalzen beseitigen. Es ist jedoch darauf aufmerksam zu machen, dass der Nachweis von diesen Mangelercheinungen bisher in der Regel stets indirekt geführt worden ist, indem man nämlich die Krankheitserscheinungen auf gewissen Böden empirisch durch Düngung mit einem oder mehreren der genannten Elemente in kleinen Mengen überraschend beseitigen konnte. Der streng wissenschaftliche Beweis steht noch aus, der nur darin bestehen kann, dass der Mangel an irgend einem von diesen Elementen im Boden analytisch bestimmt und in direkte Beziehung zum Aschengehalt der erkrankten Pflanze gebracht wird. Die Schwierigkeiten dieses Beweises liegen sowohl in der quantitativen Bestimmung kleinster Mengen im Boden als auch in unserer Unkenntnis über den Chemismus der Lebensvorgänge in der Pflanze selbst. Infolgedessen ist die Wirkung der genannten Spurenelemente, insbesondere die des wichtigen Bors, vorläufig noch völlig ungeklärt. Wir wissen nicht einmal, ob es sich um mittelbare oder unmittelbare Beeinflus-

sung der Pflanzenzelle handelt. Durch die kürzlich erschienene Untersuchung von F. Kubowitz aus dem Kaiser-Wilhelm Institut für Zellphysiologie in Berlin-Dahlem über die chemische Zusammensetzung der Kartoffeloxydase ist sichergestellt, dass sie eine Kupferproteinverbindung und dass die spezifische Wirksamkeit dieses Ferments direkt abhängig von seinem Kupfergehalt ist.

Um Pflanzenschädigungen durch Mangel an irgend einem Element von vornherein auszuschliessen, ist von Hoagland (Kalifornien) die sogenannte „A—Z Lösung“ vorgeschlagen worden, die

11 g Borsäure,	1 g Cobaltnitrat,
7 g Manganchlorid,	1 g Titandioxyd,
1 g Kupfersulfat,	0.5 g Lithiumchlorid,
1 g Zinksulfat,	0.5 g Zinnchlorid,
1 g Aluminiumsulfat,	0.5 g Kaliumjodid,
1 g Nickelsulfat,	0.5 g Kaliumbromid

in 18 000 Liter Lösung enthält.

Da nach übereinstimmenden Angaben verschiedener Forscher diese Nährlösung das Wachstum besonders von Erbsen, Bohnen, Tabak, Zuckerrüben und Weinreben günstig beeinflusst, scheint der Zeitpunkt gekommen, den für Spezialzwecke angefertigten Düngesalzen die notwendigen Spurenelemente stets beizumischen. Bei dem grossen Umfang der im letzten Jahrzehnt erschienenen wissenschaftlichen Arbeiten über Spurenelemente im Boden ist es völlig ausgeschlossen, hier im Rahmen eines Vortrages diese Arbeiten auch nur andeutungsweise zu besprechen. Es wird deshalb auf das Verzeichnis im Anhang verwiesen, in dem die einschlägige Literatur nach Elementen getrennt, alphabetisch zusammengestellt ist.

Ich werde mich deshalb in meinem Vortrag darauf beschränken müssen, Ihnen über neuere Erfahrungen über die Wirkung von Spurenelementen in der praktischen Landwirtschaft zu berichten. Das kann ich umsomehr tun, als aus verschiedenen Federn einige sehr gute zusammenfassende Referate über das Thema bereits erschienen sind. Ich nenne hier besonders den Aufsatz von K. Scharrer, Giessen: „Bedeutung der Spurenelemente“¹⁾ und den Vortrag von P. Bertram, Direktor der Chilesalpeter G.m.b.H. Berlin über „Neuere Erfahrungen über die Bedeutung der Spurenelemente für die Pflanzenernährung“²⁾, den er auf dem V. Internationalen

¹⁾ Forschungsdienst, Sonderhaft 8, 1938.

²⁾ V. Congrès International Technique et Chimique des Industries Agricoles, Schéveningue 1937.

Kongress für Landwirtschaftliche Industrie in Scheveningen 1937 gehalten hat.

Dass auf gewissen Böden grosse Wirkungen mit kleinsten Mitteln zu erzielen sind, zeigen die praktischen Erfolge des Diplomlandwirtes Winkler auf Gut Rothschwaige bei Dachau. Rothschwaige liegt selbst nicht im Dachauer Moor; der Boden besteht überwiegend aus milden humosen sandig-tonigen Kalkmergeln, die z. T. von gut zersetzten und sehr kalkreichen Humusauflagerungen überdeckt sind. Als Winkler 1919 das Gut übernahm, waren die Erträge nach durchgeführter Drainage zunächst durchaus zufriedenstellend, um dann plötzlich aus nicht erkennbarer Ursache stark abzufallen, sodass die Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt wurde. Es wurde deshalb nichts verabsäumt, um im Zusammenhang mit den zuständigen staatlichen Stellen die Wirtschaftlichkeit des Gutes zu erzwingen. Durch den Landesgeologen Dr. Münichsdorfer, München, wurden 1923 Hunderte von Bohrungen durchgeführt, ohne dass die Ursachen der Pflanzenerkrankungen erkannt werden konnten. Auch die chemische Bestimmung der Bodennährstoffe erbrachte keine Klarheit. Es wurden im Boden nachgewiesen:

P_2O_5	.....	0.1 — 0.5 %	Kalk	.....	1.5 — 19.8 %
K_2O	.....	0.04 — 0.4 %	Stickstoff	.....	0.3 — 3.5 %

Der Boden reagierte seinem hohen Kalkgehalt entsprechend neutral, pH 7.2. Ein unüberwindliches Hindernis konnte auf Grund dieser Bodenuntersuchungen der Boden nicht bilden, besonders nicht, wenn die Witterung mit beurteilt wurde. Nach diesen Fehlschlägen hoffte Winkler das Heil in reiner Grünlandwirtschaft finden zu können. Es zeigte sich sofort, dass auch einseitige Viehwirtschaft trotz guter Weiden, ertragsreicher Wiesen, 5 Futtersilos mit 600 cbm Raum den wirtschaftlichen Aufschwung nicht herbeizuführen vermochte, weil es sich als unmöglich erwies, Jungvieh infolge Lecksucht aufzuziehen. Die jungen Tiere entwickelten sich zunächst gut, bis sie im Alter von etwa 3/4 Jahren ohne erkennbare Ursachen eingingen. Die neueren Forschungsergebnisse über die Wirkung der Spurenelemente brachten Winkler nun auf den Gedanken, durch Feld- und Topfversuche die Bodenverhältnisse von Rothschwaige in dieser Richtung nachzuprüfen. Die Versuche wurden von dem Direktor der Bayerischen Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz in München, Regierungsrat Weigert durchgeführt. Zunächst wurde angenommen, dass Kupfermangel vorläge. Wie die Abb. 2



Mit Kupfernitrat
gespritzt

MnSO₄ gestreut

Abb. 2. Im Vordergrund Gerste, dann Weizen, dann Hafer
(Bayer. Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz
München. 3. 7. 1935.)

zeigt, erwies sich die Düngung mit Kupfernitrat zu Gerste, Weizen und Hafer als völlig wirkungslos, während Mangansulfat die Krankheitserscheinungen schlagartig beseitigte. Abb. 3 zeigt



Gesunde Pflanze

Kranke Pflanzen
durch MnSO₄ geholt

Abb. 3. Hafer von den Versuchen in Rot-
schwaige. (Bayer. Landesanstalt für Pflanzen-
bau und Pflanzenschutz München. 3. 7. 1935.)

krankte und durch Düngung mit Mangansulfat geheilte Haferpflanzen. Abb. 4 zeigt ebenfalls die völlige Wirkungslosigkeit von Kupfernitrat im Gegensatz zu der günstigen Wirkung von Mangansulfat zu Hanf. Nach diesem geradezu verblüffenden Erfolg ging Winkler dazu über, sein ganzes Gut durch Düngung mit Spurenelementen zu behandeln. Dabei machte er aus begreiflichen Gründen den wissenschaftlichen Fehler, gleichzeitig drei Faktoren zu verändern; er düngte



Mit Kupfernitrat.

Mit Mangansulfat.

Abb. 4. Hanf. (Bayer. Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz München. 3. 7. 1935.)

gleichzeitig mit Mangan, Magnesium und Bor. Kartoffeln und Mais erhielten folgende Düngung:

450	Ztr. Stallmist,
6	„ Borsuperphosphat,
9	„ Schwefelsaures Kali-Magnesia,
3	„ Schwefelsaures Ammoniak und
1	„ Schwefelsaures Mangan.

Als sich in einem grossen Kartoffelschlag trotz der Mangangabe von 1 Ztr. noch chlorotische Erscheinungen zeigten, konnten diese Schäden durch Verabreichung von weiteren Mangangaben ($\frac{1}{2}$ Ztr.) in wenigen Tagen beseitigt werden. Die Abb. 5 zeigt, dass Gerste bei Volldüngung ohne Mangan völlig krank ist und dass bei gleichzeitiger Düngung mit Borsuperphosphat und Mangansulfat völlig gesunde Kartoffeln erzielt werden.

Der Beweis für den Manganmangel des Bodens wurde von Regierungsrat Weigert indirekt mit Hilfe von Topfversuchen geführt. Krume sowohl als auch der Untergrund erbrachten in



Gerste.
Volldüngung ohne Mn.

Kartoffeln.
Volldüngung mit Borsuperphosphat und $MnSO_4$

Abb. 5. Einwirkung von Mangan. (Bayer. Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz München. 12. 8. 1937.)

Gefäßversuchen trotz Volldüngung mit Nitrophoska keine Ernte, bereits durch Mangansulfat allein wurden normal ausgebildete Haferpflanzen erzielt; Kupfersulfat erwies sich als völlig wirkungslos, wie die Abb. 6 und 7 veranschaulichen.

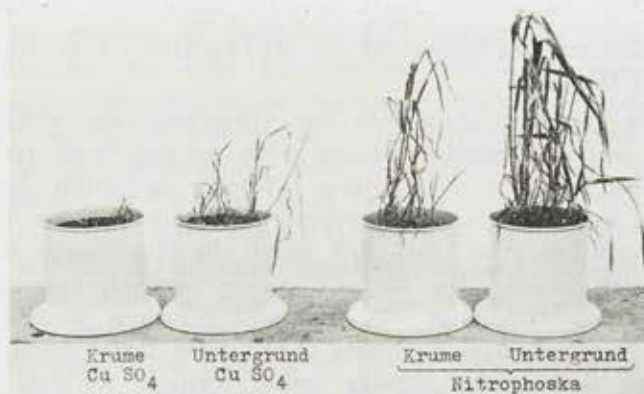


Abb. 6. Topfversuche mit "Winklererde" (Bayer. Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz München. 9. 7. 1936.)

Die Düngung mit Spurenelementen ist ferner für die Tierernährung von Bedeutung. Über die Bedeutung des Kupfersulfats für Bekämpfung der Lecksucht, welche die Tierzucht in Schleswig-Holstein in weiten Gebieten gefährdet, haben W. Nicolaisen

und W. Seelbach, Kiel ³⁾ in Bd. 5 der Zeitschrift „Forschungsdienst“ 1938 berichtet.



Krume un-
behandelt. Untergrund
unbehandelt. Krume
MnSO₄. Unter-
grund.
MnSO₄

Abb. 7. Topfversuche mit „Winklererde“. (Bauer.
Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzen-
schutz München. 9. 7. 1936.)

Die Kupfergaben hatten auf die pflanzliche Erzeugung folgenden Einfluss:

1. Die typischen Anzeichen der Urbarmachungskrankheit beim Hafer in der Jugendentwicklung verschwanden durch die Kupfergabe. Die Taubheit, ein weiteres typisches Anzeichen der Urbarmachungskrankheit, wurde weitgehend aufgehoben, sodass der Korn-ertrag wesentlich stieg, zum Teil durch die Kupfergabe überhaupt erst möglich wurde. Die Minderung der Taubheit kam vor allem auch in der Erhöhung des Hektolitergewichtes zum Ausdruck. Wichtig erscheint, dass in diesem Gebiet beim Hafer durch Kupfergabe auch dort grosse Erfolge erzielt wurden, wo die typischen Erkrankungen in der Jugendentwicklung fehlten, dem Augenschein nach eine typische Urbarmachungskrankheit also nicht vorlag. In Verbindung mit Kalkung wurde die günstige Wirkung der Kupfergaben stark gedrückt.

2. Auch der Roggen, welcher unter der Urbarmachungskrankheit weniger leidet als der Hafer, zeigte durch Kupfergaben wesent-

³⁾ Forschungsdienst, Bd. 5, H. 8, 1938.

liche Ertragssteigerungen an Korn; der Strohertrag ging hier meistens etwas zurück.

3. Schläge, auf denen Steckrüben nicht wuchsen oder nur eine geringe Entwicklung des Rübenkörpers zeigten, brachten nach der Kupfersulfatgabe gute Erträge.

4. Runkelrübenbau wurde in solchen kranken Betrieben durch Kupfersulfatgaben möglich.

5. Ertragssteigerungen bei der Kartoffel durch Kupfersulfatgaben waren nur gering oder traten nicht ein.

6. Süßlupinen zeigten auf urbarmachungskranken Schlägen keinen Körneransatz. Der Ertrag an Eiweiss blieb bei Grünnutzung der Gleiche wie auf gesunden Schlägen. Durch Düngung mit Kupfersulfat wurde normaler Körneransatz erzielt.

7. Ausserordentlich günstige Wirkungen wurden durch Kupfersulfatgaben auch beim Mais und Klee beobachtet.

8. Auf Weiden war ein augenscheinlicher Erfolg auf die Erträge nicht zu beobachten.

Die im Frühjahr 1936 mit Kupfersulfat gedüngten Weiden wurden mit Jung- und Milchvieh besetzt, aus deren Beständen im Laufe des Winters starke Abgänge erfolgt waren. Bereits vier Wochen nach dem Antrieb zeigten die Tiere deutliche Kennzeichen der Erholung. Sie wurden glatt im Haar, nahmen an Gewicht gut zu und überwandten die Lecksucht bald vollständig. Die benachbarten Betriebe, die kein Kupfersulfat verwendet hatten, litten unter den gleichen Lecksuchterseheinungen, wie in früheren Jahren. Selbst mit Gaben von nur 25 kg je ha Kupfersulfat wurden noch Erfolge in der praktischen Tierzucht erreicht. Die bisherigen Untersuchungen der Vf. lassen einen sicheren Schluss auf die Kausalität nicht zu. Nach Sjölema⁴⁾ war dass Heu lecksuchtkranker Betriebe kupferarm, dasjenige gesunder Betriebe dagegen kupferreich. Durch Düngung mit Kupfer wurde der Aschengehalt der Pflanzen mit Kupfer angereichert. Da lecksuchtkranke Tiere auch durch Kupfergaben zur Futtermilch geheilt werden konnten, ist aus diesen Befunden zu schliessen, dass die Lecksucht auf Kupfermangel zurückzuführen ist. H. Traulsen⁵⁾ ist jedoch der Auffassung, dass ein Zusammenhang zwischen Kupfermangel und Lecksucht nicht bestehen könne, weil der Kupfergehalt des Heus in lecksuchtkranken Betrieben nach seinen Erfahrungen höher ist, als im Heu von gesunden Betrieben.

⁴⁾ Biochem. Z. 267. 151, 1933.

⁵⁾ Landw. Versuchsstationen 128, 89. 1937.

Über Cobalt als Heilmittel bei Weidekrankheiten haben australische Forscher ausführlich berichtet. Da mir die Originalarbeiten nicht zugänglich waren, zitiere ich diese Arbeiten nach einem Aufsatz von Zeppelin und W. Glass in Heft 11/12 der Ernährung der Pflanze 1938. Die Bodenuntersuchungen australischer und neuseeländischer Böden ergaben, dass die Lecksucht des Weideviehs auf solchen Böden auftrat, die sehr wenig Cobalt enthielten, in der Regel nur 2 Teile Cobalt auf 1 Million Teile Boden. Die sehr interessanten Versuche von J. F. Filmer, E. J. Underwood, R. J. Harvey, H. O. Askew, I. K. Dixon, E. B. Kidson, T. Rigg zeigen, dass die Lecksucht auf australischen Weiden auf Cobaltmangel im Futter beruht und dass dort nur Cobalt die Krankheit zu heilen vermag. Gaben von Cobaltchlorid in täglichen Dosen von 0.1 bis 2 mg in der Futtermilch beseitigten die Krankheitserscheinungen.

SCHRIFTTUM:

Allgemeines über Spurenelemente.

- A. M. BAISDEN and A. L. SOMMER: Western Irrigation, 1936.
 BARTELT: Zur spektralanalytischen Bestimmung von Spurenelementen in Düngesalzen. *Angew. Chem.* 50, 647, 1937.
 BEHREND und BERG: Chemische Geologie, Stuttgart 1927.
 NODDACK: Die Häufigkeit d. chem. Elemente. *Naturwissenschaften* 18, 757, 1930.
 V. M. GOLDSCHMIDT: Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente I und II. *Vid. Selsk. Math. naturwiss. Klasse*, Nr. 3, 1923; Nr. 4, 1924.
 BEETRAM: Neuere Erfahrungen über die Bedeutung der Spurenelemente für die Pflanzenernährung. *Congres International Technique et Chimique des Industrie Agricoles* Sheveningue 1937.
 E. BLANCK; F. GIESECKE und W. HEUKESHOVEN: *Journ. Landw.* 81, 205, 1933. (Physiologische Wirkung von Alkalimetallen).
 E. BRANDENBURG: Unsere heutige Kenntnis über die Bedeutung der Spurenelemente für die Ernährung der Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Bors. *Angew. Chemie* 50, 645, 1937.
 R. BRECKPOT: *Gaz. Nitr. Chili*, 4 Dec. 1935.
 CHRISTMANN: Spurenelemente in der Erzeugungsschlacht. *Deutsch. Landw. Presse*, Nr. 36, 1937.
 Clarke in Washington. The composition of the Earth U. S. geol. Survey. Prof. Paper 127.
 A. FREY-WYSSLING: *Die Naturwissenschaften* 23, 767, 1935.
 J. KISS: Das periodische System der Elemente und die Giftwirkung. Verl. Holder, Wien-Leipzig 1909.
 J. RUFZ DE LAVISON: *Ann. Science nat. bot.* 14, 97, 1911.
 H. LUNDEGÄRDH: Die quantitative Spektralanalyse der Elemente. Jena 1929.

- H. LÜDECKE: Einfluss der Düngung einschliesslich Impfung und Wirkung der Spurenelemente auf Ertrag und Beschaffenheit der Sojabohne. *Forschungsdienst* 2, 558—568, 1936.
- A. P. MATHEWS: *Amerie. Journ. Physiol.* 10, 290, 1904. (Beziehungen zwischen physiologischer Wirkung der Ionen und gewissen chemischen Konstanten).
- TH. PFEIFFER, E. EINECKE, W. SCHNEIDER und A. HEPNER: *Mitt. landw. Inst. Univers. Breslau* 3, 567, 1905. (Atomgewicht der Elemente).
- K. PIRSCHLE: *Jahrb. wiss. Bot.* 72, 335, 1930; 76, 1, 1932.
- LUCIUS PITKIN: *Inc. A. Chemical and spectrographiy study of natural nitrate of Soda (Chilean), Bibl. of Ref. to the Lit. on the minor elements, Chilean Nitrate Educational Bureau, Inc., New York.*
- K. SCHARER: Die Wirkung der Mikroelemente auf das Pflanzenwachstum. *Z. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk.* 44, 223—247, 1936.
- K. SCHARER: Die Wirkung der Ionen der Alkalireihe unter besonderer Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung von Kalium- und Natrium-Ionen auf das Pflanzenwachstum. *Forschungsdienst, Sonderh.* 6, 180—187, 1937.
- K. SCHARER: Bedeutung der Spurenelemente. *Forschungsdienst, Sonderh.* 8, 1938.
- W. SCHROPP und K. SCHARER: *Jahrb. wiss. Bot.* 78, 544, 1933.
- F. SESTINI: *Landw. Versuchsstat.* 32, 197, 1885.
- J. W. SHIVE: *New Jersey Agr. Exp. Sta. Bull.* 603, 1936.
- A. P. TSCHERBAKOW: *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk.* 39, 129, 1935; vgl. auch G. A. TALIBI: *Ztschr. f. Pflanzenernähr.* 39, 257, 1935.
- G. H. VELTMAN: Physiologische Möglichkeiten der Wachstumsförderung bei Pflanzen durch chemische und physikalische Mittel, die nicht Kernnährstoffe sind. *Forschungsdienst* 1, 836—848, 916—930, 1936; 2, 26—38, 1936.

Bor.

- H. AGULHON: *These Paris* 1910; *C.r.* 148, 1340, 1909; *Zbl. Agrikultchem.* 39, 427, 1910. (Einfluss von Borsäure auf Diastasen).
- H. AGULHON: *C.r.* 150, 288, 1910; vgl. *Zbl. Agrikultchem.* 40, 296, 1911; H. AGULHON *C.r.* 151, 1382, 1910; H. AGULHON, 8 Intern. Congr. App. Chem. Washington a.N.Y. 15 Sect. 7, 9, 1912. (Vorkommen von Bor in Pflanzen).
- H. AGULHON: *Ann. Inst. Pasteur* 24, 495, 1910; *Zbl. Agrikultchem.* 41, 642, 1912. (Einfluss von Borsäure auf Oxydasen, Peroxydasen, Katalasen).
- G. ARCANGELI: *Proc. verb. della soc. tosc. di scienze naturali* 5, 25, 1885; *Just. Bot. Jahresber.* 14, 133, 1886. (Einfluss von Bor auf die Keimung von Geranien, Leguminosen, Mais, Weizen, Wicken u.a.).
- G. BAUMEY: *Ber. deutsch. chem. Gesellsch.* 21, 3290, 1888; *Landw. Versuchsstat.* 33, 39, 1887. (Borgehalt von Vitis).
- E. BECCHI: *Bull. Soc. Chim. Paris.* 3, 122, 1890; *Just. Bot. Jahresber.* I, 30, 1891. E. BECCHI: *Attir. Ac. Econom. Agr. di Firenze* 14, 240, 1891. Borgehalt von Feigen auf borsäurereichem italienischem Boden).
- G. BERTRAND und H. AGULHON: *Bull. Soc. Chim. de France* (4) 15, 292, 1914. (Boor im Meerwasser).
- W. BILTZ und E. MARCUS: *Ztschr. Anorgan. Chemie* 68, 91, 1910; 72, 302, 1911. (Verbreitung von borsäuren Salzen in Kalisalzlagertstätten).

- A. W. BLAIR: New Jersey Agr. 11, 12, 1920; Ref. in Exp. Stat. Rec. 44, 423, 1920; A. W. BLAIR and B. E. BROWN: Soil science 11, 369, 1921. (Einfluss von boraxhaltigen Düngemitteln auf die Erträge von Kartoffeln).
- A. BOLLMANN: Die Bestimmung kleinster Bormengen. Forschungsdienst 2, 600—604, 1936.
- J. BRAND: Z. Brauwesen 15, 426, 1892. (Borgehalt von Hopfen).
- E. BRANDENBURG: Die sogenannte Glasigkeit der Steckrüben. Z. Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz, 47, 53—58, 1937.
- E. BRANDENBURG: Die Harz- und Trockenfäule der Rüben und ihre Verhütung. Bol. Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Flugblatt Nr. 150, Juni 1937.
- E. BRANDENBURG: Angew. Bot. 14, 194, 1932. (Versuche mit Rüben).
- E. BRANDENBURG: Angew. Bot. 13, 453 m 1931; Phytopatholog. Z. 3, 499, 1931. (Verbreitung von borsäuren Salzen in Kalisaltzlagern).
- E. BRANDENBURG: Z. Pflanzenkrankheiten, 47, 53, 1937.
- J. E. BRECKENRIDGE: J. Ind. and Eng. Chem. 13, 324, 1921; vgl. Chem. Zbl. III, 503, 1921. (Versuche zu Kartoffeln, Bohnen, Mais).
- W. E. BRENCHLEY: Brit. medical Journ. II, 9, 1924; Ref. Chem. Zbl. II, 1105, 1924.
- W. E. BRENCHLEY: Inorganic. plant poisons and stimulants. The University Press. 2, 3, 1927. Cambridge. (Krankheitserscheinungen bei Leguminosen in Wasserkultur bei Bormangel).
- W. E. BRENCHLEY und H. G. THORNTON: Proc. roy. Soc. London 98, 373, 1925. (Bormangel bei Vicia Faba).
- W. E. BRENCHLEY und K. WARINGTON: Ann. of Bot. 41, 167, 1927. (Bor als lebenswichtiges Element).
- D. G. O'BRIEN and D. W. G. DENNIS, SCOTTISH. J. Agr. 18, 326, 1935.
- B. E. BROWN: United Stat. Dep. of Agric. 998, 1922; vgl. Chem. Zbl. I, 1439, 1924. (Düngungsversuche bei Kartoffeln mit Borax).
- A. BRUNO: Ann. de la science agron. 37, 185, 1920. (Der Borgehalt in Düngemitteln).
- CALLISEN: J. of analyt. chemistry 191, 1890; vgl. Zbl. Agrikulturchem. 20, 135, 1891. (Bor im Boden).
- G. H. COLLINGS: Soil Science 23, 83, 1927. (Einfluss von Bor auf die Keimung von Sojabohnen).
- S. D. CONNER: Proc. Ind. Acad. Sci. 195, 1917.
- S. D. CONNER and E. N. FERGUS: Ind. Stat. Bull. 239, 3, 1920. (Einfluss von boraxhaltigen Düngemitteln auf die Erträge von Mais).
- F. C. COOK: J. agricult. Research 5, 877, 1916.
- F. C. COOK and J. B. WILSON: J. agricult. Research 10, 591, 1917; 13, 451, 1918.
- F. C. COOK: J. Agricult. Research 22, 281, 1921 (Aufnahme von Bor bei verschiedenen Kulturpflanzen).
- F. C. COOK: Zbl. Agrikulturchem. 45, 401, 1916. (Untersuchungen über Absorption und Verteilung des Bors in den Pflanzen).
- CRAMPTON: Ber. deutsch. chem. Gesellsch. 22, 1072, 1889. (Borgehalt von Pfirsich, Wassermelone).
- O. F. CURTIS: Cornell Univ. Agr. Exp. Stat. Memoir 14, 75, 1918. (Stimulierende Wirkung von Bor in Wasserkulturen auf Bewurzelung von Stecklingen).

- A. CUSUMANO: Staz. sper. agr. Ital. 58, 440, 1925. (Gefäßversuche mit Bohnen, Lupinen, Mais, Getreide, Tomaten, Kartoffeln).
- E. DELTOUR: Chem. Zbl. II, 113, 1893. (Bor im Meerwasser).
- L. DIEULAFAIT: Ann. Chim. et Phys. (5), 12, 318, 1877. (Bor im Meerwasser).
- DREYSPRING: Auswaschversuche mit Boraten. Angew. Chemie 50, 648, 1937.
- F. M. EATON: Soil Sci. 34, 301, 1932.
- F. M. EATON: Phytopath. Z. 20, 967, 1930.
- A. B. FRANK: Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte, Berlin 1897. (Versuche mit Rüben).
- A. GASSEND: Chem. Zbl. I, 35, 1892; Ann. agron. 17, 352, 1891; Zbl. Agrikulturchem. 20, 791, 1891. (Bor im Meerwasser).
- V. M. GOLDSCHMIDT und CL. PETERS: Nachrichten von der Gesellsch. d. Wissensch., zu Göttingen 1932. Math. Physik. Kl. 528. Zur Geochemie des Bors (Borgehalt von Gesteinen und Böden).
- M. GORSKI: Polish Agricultural and Forest Annual 28, 27, 1935.
- A. GRÉGOIRE: Rapports et communication Belges, Nr. 13, 8, 1920; zit. nach W. E. BRENCHELEY, l.c. (Feldversuche mit Gerste).
- A. R. C. HAAS und H. S. REED: Bot. Gaz. 83, 77, 1927.
- A. R. C. HAAS: Bot. Gaz. 88, 113, 1929.
- A. R. C. HAAS: Bot. Gaz. 89, 410, 1930. (Bordüngung von Citrus).
- J. S. Mc HARGUE und R. K. CALFEE: Plant Physiol. 7, 161, 1932; 8, 1933.
- J. S. Mc HARGUE und O. M. SHEED: Amer. Soc. Agron. 22, 739, 1930.
- E. HASELHOFF: Landw. Versuchsstat. 79, 399, 1913. (Einfluss des Bors auf das Pflanzenwachstum).
- E. HECKEL: C. r. 80, 1170, 1875. (Wirkung des Bors auf die Keimung).
- HILGARD: Zit. nach C. A. CRAMPTON, l.c. 1076. (Borgehalt des Bodens).
- D. R. HOAGLAND und W. C. SNYDER: Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 30, 288, 1933.
- E. HOTTER: Landw. Versuchsstat. 37, 437, 1890. (Bor in Wasserkulturen mit Mais und Erbsen).
- E. HOTTER: Z. Nahrungsmittel, Hyg. u. Warenkde. 9, 1, 1895. (Bordüngung zu Obstarten).
- J. C. S' JACOB: Dissertat. Utrecht 1927. (Versuche mit Bohnen).
- E. A. JAMALAINEN: Maataloustieteellinen aikakauskirja 7, 1935.
- H. JAY: C. r. 121, 896, 1895. (Borgehalt von Wein und Obst).
- E. S. JOHNSTON und W. H. DORE: Plant. Physiol. 4, 31, 1929; Soc. Sci. 26, 1928. (Versuche mit Tomaten).
- E. S. JOHNSTON und P. L. FISHER: Plant. Physiol. 5, 387, 1930. (Versuche mit Tomaten).
- E. S. JOHNSTON: Soil Science 26, 173, 1928.
- E. S. JOHNSTON: J. chem. education 5, 1235, 1928. (Versuche mit Tomaten, Kartoffeln, Tabak).
- L. KAHLENBERG und R. TRUE: Bot. Gaz. 22, 81, 1896.
- FR. CZEPEK: Biochem. d. Pflanzen II, 918. (Giftwirkung von Bor wird durch Zusatz von Rohrzucker vermindert).
- O. KAUFMANN: Die Bekämpfung der Herz- und Trockenfäule der Rüben mit Bor. Mitt. Landw. 49, 304—305, 1934.
- O. KAUFMANN: Mittlg. f. d. Landw. 49, 304, 1934; Deutsch. Zuckerindustrie 59, 305, 1934. (Versuche mit Rüben).
- K. F. KELLERMANN: J. Washington Acad. of Sciences 10, 481, 1920; vgl. Chem. Zbl. I, 268, 1921. (Vorkommen von Bor in den Wüsten im Westen Nordamerikas).

- A. KNOP: J. Agrikulturechem. 7, 1938, 1884. (Verwendung freier Borsäure in Wasserkulturen).
- E. KRAIS: Deutsch. landw. Presse 62, 297, 1935. (Versuche mit Rüben).
- W. KRÜGER: Landw. Versuchsstat. 95, 133, 1920.
- W. KRÜGER und G. WIMMER: Mitt. Anh. Versuchsstat. Bernburg 65, 1927. (Versuche mit Rüben).
- J. KUIJPER: Deli Proefstation te Medan, Vlugschrift Nr. 50, 1930.
- D. J. MAC LEOD: Unpul. Rep. from Dominion field Lab. of Plant Path. Fredericton, N. B. Canada 1934.
- S. J. LEWIS: Brit. Pharm. Conf. Chester 1914, p. 1. (Bor im Meerwasser).
- E. O. VON LIPPMAUN: Ber. deutsch. chem. Gesellsch. 21, 3492, 1888. 2 (Bor zu Rüben).
- O. VON LINSTOW: Die natürliche Anreicherung von Metallsalzen und anderen anorganischen Verbindungen in den Pflanzen, Dahlem 1924.
- O. LOEW: Flora 75, 374, 1892. (Einfluss von Bor auf Algen).
- W. MAIER: Gartenbauwiss. 11, 1, 1937.
- R. MANSCHKE: Z. Pflanzenernähr. (B) 7, 279, 1928. (Einfluss des Bors die Bohnenwurzel).
- P. MAZÉ: C. r. 160, 211, 1916.
- P. MAZÉ: Ann. Inst. Pasteur 53, 139, 1919. (Versuche mit Mais).
- F. MERKENSCHLAGER: Tafeln zur vgl. Physiologie und Pathologie der Kulturpflanzen, Berlin 1927. (Versuche mit Rüben).
- F. MERKENSCHLAGER: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 6 Aufl., von Sorauer u. Appel; S. 291, Berlin 1933.
- F. MERKENSCHLAGER: Arbeit. Biol. Reichsanst. 17, 1929. (Versuche mit Kartoffeln).
- F. MERKENSCHLAGER: Arb. Biol. Reichsanst. 17, 249, 1929. (Versuche mit Kartoffeln).
- M. G. MES: Dissertat. Utrecht 1930.
- M. G. MES: Physiological disease symptoms of tobacco. Phytopath. Z. 2, 593, 1930. (Versuche mit Tabak).
- W. MEVIUS: J. wiss. Bot. 69, 119, 1928. (Einfluss von Bor auf das Wurzelwachstum).
- A. H. MEYER: J. Am. Soc. Agron. 23, 605, 1931.
- K. MEYER-HERMANN: Deutsch. landw. Presse 60, 194, 1933; 62, 133, 282, 1935; Landw. Wochenblatt für Kurhessen und Waldeck 37, 139, 1933. (Einfluss von Bor auf Herz- und Trockenfäule von Rüben).
- P. W. MOORE: Arizona Stat. Pr. 300, 1916. (Besseres Wurzelwachstum durch Borsäure bei Rettich).
- J. MOREL: C. r. 114, 131, 1892; J. Agrikulturechem. 263, 1892. (Borgabe zu niedrigen Pilzen).
- H. MORRIS: Bull. Torrey Botan. Club 58, 1, 1931.
- J. E. MC MURTRY: J. Agr. Research 38, 371, 1929; U. S. Dep. Agr. Tech. Bull. 340, 1933. (Versuche mit Tabak).
- M. NAKAMURA: Bull. Agr. Coll. Tokyo 5, 509, 1903; vgl. Zbl. Agrikulturechem. 33, 531, 1904. (Borax als Wachstumsreiz).
- A. NOWOTNOWNA: Mém. inst. nat. polon. écon. Rurale Pulawy, Mem. 214, 49, 1936.
- A. NOWOTNOWNA: Mém. inst. nat. polon. écon. Rurale Pulawy, 15, Mem. 226, 19, 1934.

- L. VAN OVERBEEK: Med. Phyt. Lab. Willie Comelin Scholten, Baarn 13, 1934.
 N. PASSERINI: Staz. sper. agr. Ital. 21, 20, 1891; 21, 565, 1891. (Borgehalt des Meerwassers).
 E. PÉLIGOT: C. r. 83, 686, 1876; vgl. Zbl. Agrikulturchem. 11, 237, 1877. (Einfluss von Bor auf das Wachstum von Bohnen).
 N. A. PETTINGER, R. G. HENDERSON and S. A. WINGARD: Phytopath. Z. 22, 33, 1932.
 A. F. RÉNARD: Bull. de l'acad. des sciences de Belgique (3) 18, 49, 1889; vgl. Zbl. Agrikulturchem. 19, 351, 1890. (Bor im Boden).
 RIPPER: Mitt. aus C. Schmitts Laboratorium in Wiesbaden.
 E. HOTTER: Landw. Versuchsstat. 37, 437, 1890. (Borgehalt von Vitis).
 M. ROXAS: Philippine Agr. and Forester 1, Nr. 5, 89 zit. nach.
 R. SCHANDER und RÜGGERBERG: Mitt. Kaiser Wilhelm Inst. f. Landw. in Bromberg, 5, 57, 1913. (Versuche mit Rüben).
 K. SCHARRE: Die Bedeutung des Bors für das Wachstum der Rüben und die Bekämpfung der Herz- und Trockenfäule. Zuckerrübenbau 17, 115—125, 1935.
 K. SCHARRE: Die Wirkung der Spurenelemente unter besonderer Berücksichtigung des Bors auf das Pflanzenwachstum. Forschungsdienst Sonderh. 2, 95—102, 1936.
 K. SCHARRE und R. GOTTSCHALL: Z. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. 39, 178, 1935.
 K. SCHARRE und R. GOTTSCHALL: Zur Methodik der Bestimmung kleinster Mengen Borsäure. Z. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. 39, 178—197, 1935.
 K. SCHARRE und W. SCHROPP: Z. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A, 28, 313, 1933. (Borgaben in Topfversuchen mit Hafer, Roggen, Weizen, Gerste, Buchweizen, Senf).
 K. SCHARRE und W. SCHROPP: Weitere Gefäß- und Wasserkulturversuche über die Wirkung des Bors allein und in Kombinationen mit Jod in Düngemitteln Phytopathol. Z. 10, 57—78, 1937.
 K. SCHARRE und W. SCHROPP: Z. Bodenk. Pflanzenernähr., 1, (46), 370, 1936.
 K. SCHARRE und W. SCHROPP: Landw. Jahrb. 29, 977, 1934. (Ertragssteigerungen durch Bor bei Gefäßversuchen in Lehm Boden zu Kartoffeln, Mais).
 K. SCHARRE und W. SCHROPP: Gefäß- und Wasserkulturversuche über die Wirkung des Bors allein und in Kombination mit Jod in Düngemitteln. Phytopathol. Z. 8, 525—540, 1935.
 M. A. SCHKOLNIK: Compt. rend. Acad. Science USSR, 2, 104; vgl. Chem. Z. 59, 945, 1935. (Einfluss von Bor auf Flachs).
 TH. SCHMUCKER: Planta 16, 378, 1932; die Naturwissensch. 20, 839, 1932. (Borgehalt des Nektars tropischer Nymphenarten).
 R. SCHMIDT: Mitt. f. d. Landw. Presse 62, 297, 1935. (Versuche mit Rüben).
 M. E. SHERWIN: J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 36, 16, 1920.
 J. R. NELLER und W. J. MORSE: Maine Agr. Exp. Stat. Bull 288, 89, 1920.
 H. PELLET: Bull. Assoc. Chim. Sucr. et Distill. 31, 419, 1913.
 J. K. PLUMMER und F. A. WOLFF: N. Caroline Departm. Agr. Bull. 41, 1, 1920.
 C. PROUL, R. B. DEEMER, R. O. BITLER, S. F. THORNTON, O. W. FORD, O. S. ROBERTS: Ind. Agr. Exp. Stat. 215, 16, 1918.
 D. A. VAN SCHREVEN: Tijdschr. Plantenziekt 40, 98, 1934.
 D. A. VAN SCHREVEN: Tijdschr. Plantenziekt 40, 1, 1935.
 D. A. VAN SCHREVEN: Mededeel. Inst. Suikerbieteneteelt, Sept. 1936.

- W. SCHROPP und K. SCHARER: Untersuchungen über die Wirkung des Bors bei verschiedener Wasserversorgung. *Bodenk. u. Pflanzenernähr.* 5, (50), H. 5/6, 289—303, 1937.
- C. S. SCOFIELD and L. V. WILCOX: *Science* 1, 542, 1930. (Borgehalt von Orangebäumen in Kalifornien).
- J. W. SHIVE: *New Jersey Agr. Exp. Stat. Bull.* 603, 1936.
- J. W. SHIVE: *N. J. Agr.* 15, No. 4, 1933.
- J. J. SKINNER und F. E. ALLISON: *J. agricult. Research* 23, 433, 1923. (Schädlicher Einfluss von Bor auf Baumwolle).
- J. J. SKINNER, B. E. BROWN und R. F. REID: *United States Department of Agric. Bull.* Nr. 1126, April 1923. Washington; vgl. *Zbl. Agrikulturchem.* 1, 1005, 1925. (Feldversuche mit Borax in den Staaten Maine, New Jersey, Virginia und Alabama).
- J. J. SKINNER und R. W. RUPECHT: *Florida Agr. Exp. Stat. Bull.* 218, 1930.
- A. J. SMIRNOFF: *Staatl. Inst. f. Tabakkunde*, Ausgabe 70, Krasnodar 1930; vgl. *Biedermanns Zentralbl. Agrikulturchem.* 61, 512, 1932. (Versuche mit Tabak).
- A. N. SMITH: *Ahio Journal Sci.* 17, 66, 1916. (Bor im Meerwasser).
- SOLTSIEN: *Pharm. Z.* 33, 312 und 466, 1888. (Borgehalt von Vitis).
- A. L. SOMMER und C. B. LIPMAN: *Plant. Physiol.* 1, 231, 1926.
- A. L. SOMMER: *Science N. S.* 66, 482, 1927. (Borversuche mit *Vicia fabia*).
- A. L. SOMMER und C. B. LIPMAN: *Plant. Physiol.* 1, 231, 1926.
- A. L. SOMMER und H. SOROKIN: *Plant. Physiol.* 3, 237, 1938. (Bormangel bei Erbsen).
- G. R. STEWART: *Hawaii Planters Rec.* 27, 201, 1923. (Einfluss von boraxhaltigen Düngemitteln auf Erträge von Rohrzucker).
- T. R. SWANBACK: *Plant. Physiol.* 2, 475, 1927. (Bordüngung zu Tabak in Nährlösung).
- F. TERLIKOWSKI und B. NOWICKI: *Roczniki Naku Rolniczych Polish Agr. Forest Ann.* 28, 135, 1932.
- J. A. VOELCKER: *Woburn Exp. Stat. Rpt.* 33, 1915. (Schädigung der Keimung von Weizen und Gerste durch Bor).
- J. VOICU: *C. r.* 175, 317, 1922. (Einfluss von Borsäure auf. d. Stickstoffverb. v. *Azotobacter*).
- K. WARINGTON: *Ann. of Bot.* 37, 629, 1923; *Ann. of Bot.* 40, 27, 1926. (Borgaben zu *Vicia Faba*, Gerste und Roggen).
- T. WHITEHEAD: *Welsh J. Agr.* 11, 235, 1935.
- WIMMER, G. u. LÜDECKE, H.: Ist Bormangel die Ursache der Herz- u. Trockenfäule der Zuckerrüben? *Z. des Vereins Dtsch. Zucker-Industrie*, 84, pp. 627—666, 1934.
- A. WITTSTEIN und F. APIOGER: *Liebigs Annalen* 103, 362, 1857. (Borgehalt der Samen von *Measa picta*).
- BORON IN AGRICULTURE: von Dennis u. O'Brien. *The West of Scotland Agricultural College Plant Husbandry Department Research Bulletin* No 5, Septembre 1937. (Monographie).

Aluminium.

- F. ALTEN, H. WEILAND und E. KNIPPENBERG: *Z. Analyt. Chem.* 96, 91, 1934. (Kolorimetrische Methode zur Aluminiumbestimmung).
- SCHARER und W. SCHROPP: Über die Wirkung des Aluminiums auf das Pflanzenwachstum. *Z. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk.* 45, 83—95, 1936.

- M. TRENEL: Ergebnisse Agrikulturechem. 1, 221, 1929; Z. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk., A. 19, 238, 1931. (Aluminium und Austauschazidität).
 M. TRENEL und F. ALTEN: Angew. Chem. 47, 813, 1934. (Feststellung der spezifischen Wirkung des Al-Ions durch Wurzelernährungsversuche mit Mais).

Silicium-Titan.

- O. LEMMERMANN und H. WIESSMANN: Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A, 1, 158, 1922; 4, 265, 345, 1935; B. 3, 185, 1924.
 O. LEMMERMANN: Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A, 13, 28, 1929.
 E. LOWIG: Ernähr. d. Pflanze 29, 161, 1933. (Zusammenhänge zwischen hohem Kieselsäuregehalt und Zellhautausbildung).
 H. NIKLAS, W. SCHROPP und A. HOCK: Archiv für Pflanzenbau 9, 470, 1932.
 O. RICHTER: Fortschr. d. Landw. 1, 637, 1926.
 K. SCHARER und W. SCHROPP: Landw. Versuchsstationen 122, 323, 1935.
 K. SCHARER und W. SCHROPP: Untersuchungen über die Wirkung der Kieselsäure und des Bors sowie einiger anderer Spurenelemente auf das Wachstum von Erbsen, Acker- und Sojabohnen. Bodenkunde und Pflanzenernähr. 1, 370—383, 1936.
 A. L. SOMMER: Univ. Calif. Publ. Agr. Sci. 5, 40, 1926. (Ertragssteigerung durch Kieselsäure).
 M. FREUD und I. PGEIL: Z. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A., 33, 257, 1934.
 P. PFEFFER und I. HELLMERS: Verwitterungsstudien an Basalten des Westerwaldes. Z. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenkunde, Wiss. Teil A, Bd. 36, A. 5/6, 1934.
 Titanium and Iodine in Czechoslovakian Soils. Verhandlungen der Zweiten Kommission und der Alkali-Subkommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft. Helsinki 1938.

Chrom.

- P. KÖNIG: Landw. Jahrb. 39, 775, 1910.
 K. SCHARER und W. SCHROPP: Zeitschr. f. Pflanzenernähr. 37, 137, 1935. (In niedriger Konzentration günstiger Einfluss auf das Wachstum der Pflanze und die Erträge).

Mangan.

- GEO M. BAHRT and A. E. HUGHES: Proc. Florida State Hort. Soc. 31, 1935; cf. Skinner, Bahrt and Hughes C. A. 29, 2642; C. A. 30, 3144.
 H. P. COOPER, W. D. MOORE and R. W. WALLACE: S. Car. Agr. Exp. Sta. 48th. Ann. Rept. 151, 1935.
 L. E. DAVIS: Hawaiian Planters Record 35, 393, 1931.
 K. DE HAAN: Mededeel. Inst. Suikerbietenstell. 5, 123, 1934; Rev. Applied Micol. 13, 675, 1934; C. A. 29, 1197.
 A. R. C. HAAS: Hildegardia (California Sta.) 7, 1932.
 E. HILTNER: Landw. Jahrb. 60, 689, 1924. (Wasserkultur, Gefäss und Freilandversuche mit Mangan).
 I. C. HOFFMANN: Ohio Vegetable Growers Assoc. Proc. 18th. Ann. Meeting 58, 1933; C. A. 28, 1912.
 J. HUMIG: Landw. Jahrb. 40, 613, 1911. (Mangan ein Mittel zur Bekämpfung der Dörrfleckenkrankheit des Hafers).

- A. E. HUGHES: Proc. Florida State Hort. Soc. 27, 1934; C. A. 29, 2646.
 C. R. IYER, HARIHARA, R. RAJAGOPALAN and V. SUBRAHMANYAN: Proc. Indian Acad. Sci. 1. B. 106, 1934; C. A. 29, 2645.
 H. LUNDEGÄRDH: Die Nährstoffaufnahme der Pflanze, Jena 1932.
 F. MERKENSCHLAGER: in P. Sorauer Handbuch d. Pflanzenkrankheiten, 1. Teil 1, Berlin 1933.
 L. P. MILLER: Ann. Botany 20, 621, 1933; E. S. R. 70, 597.
 G. SAMUEL und C. S. PIPER: J. Agr. South Australia 31, Section 3, 1928.
 G. SAMUEL und C. S. PIPER: Ann. Appl. Biol. 16, 493, 1929; J. Agr. Soc. Australia 31, 696, 789, 1928.
 C. S. PIPER: J. of Agr. Science 21, 762, 1931. (Kein Wachstum bei Ausschaltung von Mangan).
 K. SCHARER und W. SCHROPP: Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A. 36, 1, 1934; hier auch weitere Literatur über Mangan. (Sandkulturversuche mit Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Erbse).
 J. J. SKINNER, G. N. BAHET und A. E. HUGHES: Proc. Florida State Hort. Soc. 9, 1934; C. A. 29, 2642.
 A. ZLATAROV: Bull. Soc. Chim. Biol. 16, 1720, 1934; C. A. 29, 2573.

Cobalt.

- H. O. ASKEW and J. K. DIXON: Cobalt Status of Animal Organs from South Island (N.Z.) Drench Experiments Crawthorn Institute Pasture and Soil Res. Public. No. 39, Wellington 1937.
 H. O. ASKEW and J. K. DIXON: Influence of Cobalt Topdressing on the Cobalt Status of Pasture Plants. Crawthorn Institute Pasture and Soil Research Public., No. 38, Wellington 1937.
 H. O. ASKEW and J. K. DIXON: The Importance of Cobalt in the Treatment of certain Stock Aliments in the South Island, New Zealand. (Crawthorn Institute Pasture Soils Res. Public. No. 35, Wellington 1936).
 J. K. DIXON: The Use of a Cobaltized Salt Lick in the Control of a Lamb Aliment at Morton Mains; Southland Crawthorn Institute Pasture and Soils Research Public. No. 43, Wellington 1937.
 J. F. FILMER: Enzootic Marasmus. The Determination of the Biologically Potent Element (Cobalt) in Limonite. Australian Veterinary Journ. Vol. XI, No. 3, June 1935.
 J. F. FILMER: Enzootic Marasmus f Cattle and Sheep. Preliminary Report, having special reference to Iron and Liver Therapy. (Australian Veterinary Journ. Vol. IX, No. 5, Oct. 1933).
 J. F. FILMER and E. J. UNDERWOOD: Enzootic Marasmus. Treatment with Limonite Fraction, Australian Veterinary Journ., Vol. X, No. 3, June 1934.
 J. F. FILMER and E. J. UNDERWOOD: Enzootic Marasmus. Further Data concerning the potency of Cobalt as a curative and prophylactic agent. Australian Veterinary Journ., April 1937.
 J. F. FILMER and E. J. UNDERWOOD: Wasting Disease. Diagnosis, Prevention and Treatment. (Journ. Dept. Agric. Western Australian, Vol. 13, No. 2, June 1936).
 R. J. HARVEY: The Denmark Wasting Disease. Cobalt Status of some West Australian soils. Journ. Dept. Agric. Western Australia, Vol. 14, No. 4, 1937.

- E. B. KIDSON: Cobalt Status of New Zealand Soils. Crowthron Institute Pasture and Soils Research Public. No. 40, Wellington 1937.
- T. RIGG: Soil Surveys. Their Importance to New Zealand Agriculture. Crowthron Institute Soil and Pasture Res. Public. No. 33, Wellington 1936.
- K. SCHARER und W. SCHROPP: Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A, 31, 94, 1933. (Wirkung von Kobalt und Nickel auf das Pflanzenwachstum).
- E. J. UNDERWOOD: Enzootic Marasmus — Iron Content of Liver, Kidney and Spleen. Australian Veterinary Journ., Vol. X, No. 3, June 1934.
- Crowthron Institute, Nelson, New Zealand, Ann. Rep. 1936.
- Limonite for Stock-Lick Purposes.
- Chemistry Section, Dept. of Agriculture, Wellington. The New Zealand Journ. Agr., Vol. 54, No. 3, 20th March 1937.
- Rep. on Soil Surveys for 1935/36. Annual Rep. Dept. of Scientific and Industrial Res. 1935—36, Wellington.

Kupfer.

- H. BORTELS: Biochem. Zeitschr. 182, 301, 1927; Angew. Bot. 11, 285, 1929. (Bildung von schwarzem Konidienfarbstoff bei *Aspergillus niger* durch Kupfer).
- W. E. BRECHLEY: Ann. Bot. 24, 571, 1910. (Nährstoffe schwächen die Giftigkeit des Kupfers ab).
- A. DENSCH und W. HUNNIUS: Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A 3, 369, 1924. (Versuche mit Kupfersulfat zu Rotklee, Buschbohnen, Lupinen, Erbsen usw.)
- F. GIESECKE und W. LESCH: Versuche über die Wirkung eines kupferhaltigen Kalkmehls auf die Pflanzenproduktion. Landw. Versuchsstat. 125, 229—234, 1936.
- J. S. MC HARGUE: J. Agr. Research 30, 193, 1925; Ind. Eng. Chem. 19, 272, 1927.
- J. S. MC HARGUE, W. R. ROY and J. C. PELPHREY: Amer. Soc. Agr. 24, 562, 1932.
- J. S. MC HARGUE: J. Amer. Soc. Agron 17, 368, 1925; 22, 739, 1930; Botan. Gaz. 91, 183, 1931.
- J. HUDIG and C. MEYER: Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A 8, 14, 1926/27. (Heilung der Urbarmachungskrankheit durch Kupfer).
- F. KUBOWITZ: Über die chemische Zusammensetzung der Kartoffeloxydase. Biochem. Z. 292, S. 221, 1937.
- F. KUBOWITZ: Schwermetallprotein u. Pyridinprotein, die Komponenten HCN-u. Co-empfindlicher Alkoholdehydrasen. Biochem. Z. 293, S. 308, 1937.
- J. LESNIEN: Forschungsdienst 4, 542, 1937.
- B. C. LIPMAN and G. MACKINNEY: Plant Physiol. 6, 593, 1931. (Heilung der Urbarmachungskrankheit durch Kupfer).
- MEYER-DAHLBERG: Wölflers Nordd. Lands. Ztg. 27, 391, 1931. (Heilung von Wachstumsstörungen durch Kupfer).
- NÄGELI: Neue Denkschrift der allgemeinen Schweizer Gesellschaft für die gesamte Naturwissenschaft, 33, 1893.
- W. NICOLAISEN: Mitt. Landw. 52, 147, 1937.
- W. NICOLAISEN und W. SEELBACH, Kiel: Untersuchungen über die Kupfersulfatdüngung gegen Urbarmachungskrankheit und Lecksucht. Sonderdruck Forschungsdienst 5, H. 8, 1938.

- B. RADEMACHER: Die Heidemoorkrankheit (Urbarmachungskrankheit) unter besonderer Berücksichtigung der Kupferfrage. Arbeit der Biol. Reichsanst. f. Land- und Forstwirtschaft 21, H. 4, 531—603, 1936.
- B. RADEMACHER: Der Stand unserer Kenntnisse über die Bedeutung des Kupfers als Spurenelement. Angew. Chem. 50, 645, 1937.
- B. RADEMACHER: Kupfergehalt, Kupferbedarf und Kupfereignungsvermögen verschiedener Hafersorten als Grundlage für die Züchtung von gegen die Heidemoorkrankheit widerstandsfähigen Formen. Z. Pflanzenkrankheiten, Pflanzenpathologie u. Pflanzenschutz.
- B. RADEMACHER: Fortschr. Landw. 7, 457, 1932. (Anwendung von Kupfersulfat zur Heilung des Bodens).
- B. RADEMACHER: Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- und Forstwirtschaft. 21, 531, 1936.
- B. RADEMACHER: Forschungsdienst, Sonderh. 7, 149, 1938.
- B. SJÖLLAMA: Biochem. Zeitschr. 267, 151, 1933. (Lecksucht bei Tieren ist auf Kupfermangel der Weideböden zurückzuführen).
- A. L. SOMMER: Plant Physiol. 6, 339, 1931. (Einfluss von Kupfer auf das Wachstum von Tomaten, Flachs, Sonnenblumen).
- K. SCHARER und W. SCHROPP: Über die Wirkung des Kupfer-Ions auf die Entwicklung und Zusammensetzung der Haferpflanze. Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 1, (46), 168—175, 1936.
- K. SCHARER und W. SCHROPP: Z. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A 32, 184, 1933. (Sandkulturversuche mit Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais u. Erbsen).
- BR. TACKE und Mitarbeiter: Mitt. Verein Förderung Moorkultur, 47, 247, 1929. (Anwendung von Kupfersulfat zur Heilung des Bodens).
- H. TRAULSEN: Die Lecksucht der Rinder in Schleswig-Holstein. Ein Beitrag zur Kenntnis der Möglichkeit ihrer Bekämpfung und ihrer Ursachen. Landw. Versuchs-Stat. 128, 89—125, 1937.

Zink.

- RAGNAR BERG: Biochem. Ztschr. 165, 1925. (Zinkgehalt in Bohnen und Spinat).
- G. BERTRAND und Mitarbeiter: Bull. soc. chim. France (4), 29, 53, 736, 915, 1921; (4), 31, 268, 796, 1922; (4), 33, 341, 1923.
- H. BORTELS: Biochem. Ztschr. 182, 301, 1927. (Bei Zinkmangel Lähmung des Stoffwechsels von Aspergillus).
- F. GOLLMICK: Der Einfluss von Zink, Eisen und Kupfer und deren Kombination auf das Wachstum von Aspergillus niger. Zbl. Bakteriologie, II, 93, 421—442, 1936.
- M. GRACANIN: Biochem. Ztschr. 194, 215, 1928. (Über Wirkung des Zink-Ions auf das Pflanzenwachstum).
- W. MEVIUS: Jahrb. wiss. Bot. 69, 119, 1928. (Giftiger Einfluss von Zink auf das Wurzelwachstum).
- A. L. SOMMER: Plant Physiol. 3, 217, 1928.
- A. L. SOMMER und C. B. LIPMAN: Plant Physiol. 1, 231, 1926.
- A. R. C. HAAS und H. S. REED: Bot. Gaz. 83, 77, 1927. (Zink als Heilmittel bei physiol. Erkrankung von Obstbäumen).

Selen.

- HORACE, G. BEYERS and LYLE T. ALEXANDER: Selenium as a soil component. Verhandlungen der Zweiten Kommission und der Alkali-Subkommission der Internationalen Boden undlichen Gesellschaft Helsinki 1938.
- G. HAGER: Dissertation Dresden 1909.
- E. HASELHOFF: Landw. Jahrb. 22, 581, 1893.
- F. FAACK: Mitt. landw. Lehrk. Hochschule Bodenkultur Wien, 2, 175, 1914.

Strontium.

- K. SCHARER und W. SCHROPP: Über die Wirkung von Strontium- und Barium-Ionen auf das Wachstum einiger Pflanzen. Bodenkunde und Pflanzen-ernähr. 3, (48), 369—385, 1937.

Molybdän.

- H. BORTELS: Über die Wirkung von Molybdän — und Vanadiumdünger auf Leguminosen. Arch. Mikrobiologie 8, 13—26, 1937.
- H. BORTELS: Archiv für Mikrobiologie, 1, 333, 1930. (Günstiger Einfluss von Molybdän auf das Wachstum v. Azotobakter).
- K. SCHARER und W. SCHROPP: Zeitschr. f. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenk. A 34, 312, 1934. (Giftige Wirkung des Molybdän-Ions auf höhere Pflanzen).

Cadmium.

- K. SCHARER und W. SCHROPP: Z. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. A 34, 14, 1934. (Giftige Einwirkung v. Kadmium-Ion auf das Pflanzenwachstum).

Jod.

- R. BALKS: Landw. Jahrb. 81, 939, 1930; Z. Untersuch. Lebensm. 71, 76, 1936.
- CHATIN: Zeitschr. f. analyt. Chemie, S. 458, 1876.
- DAPERT und BREICHTA: Fortschritte der Landwirtschaft, 1, 531, 1936.
- VON FEILITZEN und EGNÉR: Chemiker Zeitung, S. 325, 1924.
- TH. VON FELLEBERG: Das Vorkommen, der Kreislauf und der Stoffwechsel der Jodes, München 1926. Biochem. Zeitschr. 139, 371, 1923; 142, 1923; 152, 1924; 160, 1925.
- TH. VON FELLEBERG: Mitt. aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene XVIII, 3/4, 150, 1927.
- TH. VON FELLEBERG: Ergebnisse der Physiologie 25, 175, 1926.
- J. SCHWAIBOLD: Chem. Ztg. 53, 22, 1929; Zeitschr. analyt. Chem. 78, 161, 1929.
- R. GANSSSEN: Jahrb. d. Pr. Geol. Landesanst. 1902, Bd. 33; Mitt. a. d. Laboratorien d. Pr. Geol. Landesanst. H. 1, 1920; H. 4 1922. Zeitschr. f. Pf. anzenernähr. Düng. Teil A, Bd. VIII, 1925.
- J. S. MC HARGUE: Ky. Agr. Exp. 46th Ann. Rept. 44, 1934; cf. C. A. 28, 6389 (C. A. 29, 2615).
- J. S. MC HARGUE, W. R. ROY and J. G. PELPHELY: Am. Fertilizer 73, 40, 42, 63, 1930.
- J. S. MC HARGUE, D. W. YOUNG and R. K. CALFEE: J. Am. Soc. Agron. 27, 559, 1935.
- J. S. MC HARGUE and D. W. YOUNG: Soil Sci. 35, 425, 1933; (E. S. R. 68, 497).

- V. G. HELLER, JONES MAURINE and PURSELL LEE: Oklahoma Agr. Exp. Stat. Bull. 229, 2, 1935; (C. A. 30, 3110).
- ARAO ITANO und TSUJI YASUHIKO: Proc. Imp. Acad. (Tokyo) 10, 524, 1934; (C. A. 29, 1662); Ber. Chara Inst. landw. Forsch. Japan 7, 103, 1935; cf. C. A. 29, 1562 (C. A. 30, 204).
- R. KÖHLER: Untersuchungen über den Jodgehalt der Böden und die Aufnahme von Jod durch Pflanzen. Sonderdruck aus: „Mitt. aus den Laboratorien der Pr. Geol. Landesanst.“ H. 7, Nr. 2, 1928.
- MEERBURG: Zeitschr. f. physikalische Chemie 130, 105, 1927.
- J. H. MITCHELL: South Carolina Sta. Rept. 25, 27, 46, 192, 1930; (E. S. R. 64, 616).
- NEUBAUER und SCHNEIDER: Zeitschr. f. Pflanzenernähr. u. Düng. A, S. 343, 1923; s. a.
- BENADE: Sitzungsber. d. Pr. Geol. Landesanst. H. 2, S. 65, 1927.
- J. P. REITH: Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenk. A 31, 212, 1933.
- K. SCHARRER: Über den Jodgehalt süddeutscher Böden. Zeitschr. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. 39, 315—326, 1935.
- K. SCHARRER und J. SCHWAIBOLD: Biochem. Z. 195, 233, 1928.
- SCHARRER und STROBEL: Angewandte Botanik Bd. IX, S. 187, 1927; dasselbe in Biochem. Zeitschr. 185, S. 405, 1927.
- K. SCHARRER und Mitarbeiter: Biochem. Zeitschr. 180, 313, 338, usw., 1927; s. a. Fortschritte der Landwirtschaft II, 1927; zur Biochemie des Jodes I und II.
- VON SCHEURLEN: Reichsgesundheitsblatt H. 13, S. 327, 1926.
- LADISLAV SMOLIK: Sbornik. Geskoslov. Akad. Zemedelske 10, 36, (in Englisch 44) 1935; (C. A. 29, 4501).
- ERNEST L. SPENCER: Am. J. Botany 24, 16, 1937.
- STEFFENS: Zeitschr. f. Angew. Chemie, S. 1098, 1926.
- STOKLASA: Fortschritte der Landwirtschaft I, 13 und 597, 1926.
- STROBEL und SCHARRER: Fortschritte der Landwirtschaft I, 649, 1926.
- VEIL und STURM: Deutsch. Archiv. f. klinische Medizin 147, 169, 1925.
- F. VOGEL: Die Wirkung des Jods auf verschiedene Gemüsearten. Obst- und Gemüsebau 80, 19—26, 1934.
- WILKE-DÖRFURT: Zeitschr. f. Angew. Chemie 40, 1478, 1927.
- L. W. WINKLER: Zeitschr. f. Angew. Chemie 28, 496, 1916.
- WINTERSTEIN: Zeitschr. f. physiol. Chemie 104, 54, 1919.
- M. VON WRANGEL: Naturwissenschaften 15, S. 70.
- Veröffentlichungen aus dem Gebiete der Medizinalverwaltung Bd. 23, H. 6, 1927. (Sitzungsber. des Landesgesundheitsrates am 19. 6. 1926).

In the discussion the following members took part:

Heintze: Pointed out that soils which in England showed signs of being manganese deficient were of the same general type; neutral or alkaline heath soils, rich in organic matter and usually recently limed. The readily soluble manganese, determined by salt extraction, of these soils, was nil or very low. Where the deficiency and symptoms in the crops had been cured by addition of manganese sulphate there was an increase in salt-soluble manganese. A more

complicated problem of availability of soil manganese was demonstrated by the relation between soil manganese and the occurrence of Marsh Spot in peas on Marsh soils. Most of these soils contained appreciable amounts of free manganese oxide and salt-soluble manganese. The defect was never found on an acid soil and not on soils with more than 3 mgms. Mn/100 g soil. There were, however, a few alkaline soils with a low content of readily soluble manganese which were free from disease. No form of manganese could distinguish these soils from the ones free from the disease. Pot culture experiments showed that the disease occurred on manganese deficient soils of the general type if these were over pH 7.0, on Marsh soils known in the field to carry affected peas and in sand-bentonite mixtures low in manganese. Addition of manganese sulphate cured the defect in the peas, although the differences in manganese content of the peas with or without the defect were small.

Hissink: Weist auf die jüngst erschienenen Arbeiten in Holland hin:

- 1) Over de beteekenis van koper voor de groei van planten en micro-organismen; in het bijzonder een onderzoek naar de oorzaak der ontginningsziekte, door E. G. Mulder (Doktorarbeit, H. Veenman & Zonen, Wageningen 1938).
- 2) Onderzoekingen over de z. g. diarrhoe-weiden ('seouring pastures') in den Wieringermeerpolder door E. Brouwer en A. M. Frens, P. Reitsma en C. Kalisvaart; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, No. 44. (4) C, Rijkslandbouwproefstation te Hoorn ('s-Gravenhage, Algemeene Landsdrukkerij 1938).

Die letzte Arbeit betrifft also eine Untersuchung einer Diarrhökrankheit unter dem Vieh im Wieringermeerpolder. Im letzten Falle wirkt Beifütterung von Cu-Salzen meistens gut. Auch scheint die Assimilierbarkeit der Elemente eine Rolle zu spielen; so könnte Cu bei Anwesenheit von H_2S unwirksam werden.

Dr Gerretsen aus Groningen meint, dass bei der Mn-Frage auch biologische Prozesse eine Rolle spielen.

Siehe: Een onderzoek naar de oorzaken der veenkoloniale Haverziekte door Dr. F. C. Gerretsen; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstation, No. 42, ('s-Gravenhage, Algemeene Landsdrukkerij 1936), Rijkslandbouwproefstation Groningen.

Rennkampff: Es ist auffallend, dass die erwähnten Spurenelemente (Fe, Co, Ni, Cu, Mn, Mg) gerade zu denjenigen Elementen gehören, die besonders leicht zur Komplexbildung neigen. Und es wäre empfehlenswert, die Aufnehmbarkeit und Verwertbarkeit komplexer Ionen für die Pflanze zu prüfen. Vielleicht ergeben sich hieraus

Erklärungen für die Tatsache, dass das Ergebnis der chemischen Bodenuntersuchung auf Spurenelemente mit dem Ergebnis der Bodenprüfung mittels Pflanzen nicht übereinstimmt.

Chairman: wishes to thank to Dr Trénel and those who took part in the discussion and emphasising the importance of the rare elements in the soil and plant nutrition once more, closed the session.

PROTOKOLL DER SITZUNG DER ALKALI-SUBKOMMISSION
AM 27. JULI, 1938.

Vorsitzender: Prof. Dr B. AARNIO.

Schriftleiter: Dr FR. ZUCKER.

Der Vorsitzende begrüsst die anwesenden Teilnehmer und gibt seinem Bedauern Ausdruck, dass der President der Alkali-Subkommission Prof. Dr W. P. Kelley, Riverside, California, nicht anwesend sein kann.

Auf die Tagesordnung eintretend verliesst

Zucker das Referat von v. 'S i g m o n d über die Klassifikation der Alkali- und Salzböden.

ALEXIUS A. J. VON 'S I G M O N D, *Budapest.*

ÜBER DIE ALKALIBÖDENKLASSIFIKATION.

Bezüglich der Klassifikation der Alkali- resp. Salzböden, sind nur 2 Abhandlungen eingelaufen, namentlich die von S. A. Arany: "The various types of alkali soils in Hungary", ferner die von M. Franc de Ferriere: "Terres salées des marais cotières de la Guinée Française".

Die erste Abhandlung behandelt jene Alkalibodentypen die in der ungarischen Tiefebene zumeist stark verbreitet sind und welche, wie Arany selbst betont, in folgende Haupttypen meines Allgemeinen Bodensystems einzureihen sind: Haupttypus 2., Salzhaltige Alkaliböden; Haupttypus 3. Ausgelaugte Alkaliböden; Haupttypus 4. Degradierete Alkaliböden und Haupttypus 5. Regradierete Alkaliböden. Der Haupttypus 1., d. i. der der Alkalisalzböden, dessen Absorptionskomplex noch an austauschfähigen Natrium arm ist, ist in Ungarn selten vertreten. Die obengenannten vier Haupttypenvorkommnisse teilt Arany, bezüglich ihrer Verbesserung in 2 grosse praktische Bodengruppen. Namentlich die erste Bodenverbesserungsgruppe um-

fasst die Haupttypen 2. und 5., welche nach Arany als soda- und kalkführende Alkaliböden, die 2. Hauptgruppe die der kalkfreien Alkaliböden, und als solche bezeichnet werden können. Diese praktische Einteilung von Arany hat wahrhaftig den grossen praktischen Wert, dass man sich bei der Bodenverbesserung gut orientieren kann, lässt aber jene salzhaltigen Alkaliböden unbeachtet, die nicht sodahaltig sind und in gewissen Gegenden der ungarischen Tiefebene ziemlich verbreitet vorkommen und nicht in die Haupttypen der ausgelaugten resp. degradierten Alkaliböden eingereiht werden können. Diese Alkaliböden sind nicht (A-C)-Böden, wie die erste Hauptgruppe von Arany; denn eine deutlich entwickelte Akkumulationsschicht (B) ist wahrzunehmen, ohne die Struktur der ausgelaugten, resp. degradierten Alkaliböden zu besitzen. In diesen Alkaliböden ist das Alkalisalz zumeist Na_2SO_4 , ebenso wie in den ausgelaugten Alkaliböden, nur ist die Menge der Bodensalze viel grösser als in den ausgelaugten Alkaliböden. Wenn also aus praktischen Gründen die Einteilung von Arany gute Dienste leisten kann, doch muss dabei mit Vorsicht vorgegangen werden. Wenn wir nämlich den Alkaliboden sodahaltig finden, dann können wir im Vorhinein mit Sicherheit feststellen, dass eine Bodenverbesserung mit einem kalkhaltigen (CaCO_3) Material keine gute Wirkung haben kann. Ist aber der Alkaliboden soda- und kalkarm, so müssen wir noch weiter prüfen wie tief die Auslaugung der Salze vorgedrungen ist. Also der Salzgehalt der karbonatfreien Horizonte muss auch kontrolliert werden und in dieser Hinsicht ist es heute noch schwer aus rein morfolologischen Kennzeichen entscheidende Auskünfte zu erhalten. Allerdings wird es praktisch sehr wertvoll sein wenn es, — wie Arany meint, — gelingt einen Zusammenhang zwischen Salzgehalt und Verteilung der Salze im Alkaliboden und den morfolologischen Eigenschaften des Bodenprofils zu finden. Das würde die Bodenaufnahme und die Bodenverbesserungsmöglichkeiten sehr erleichtern. Vorderhand sind wir jedoch auf die Bestimmung des Salzgehaltes angewiesen. Allerdings kann in dieser Hinsicht die natürliche Flora nützlich zur Hilfe kommen, was nämlich die Bodenaufnahme solcher Alkaligebiete in grossem Masse erleichtert. Allein auch hier kann man die Salzbestimmungen nicht ganz entbehren.

Arany unternimmt auch die genetische Erklärung der ausgelaugten und degradierten Alkaliböden. Wenn es auch nicht meine Aufgabe ist, über die Genetik der Alkali- und Salzböden zu referieren, da mein Bodensystem jedoch auf genetisch-dynamischer Grundlage gebaut ist, kann ich nicht stillschweigend der genetischen Erklärung von Arany vorbegehen. Er meint nämlich, dass die Auslaugung nach unten

nicht annehmbar ist. Er sagt ferner, dass in der ungarischen Tiefebene die Böden aus zwei geologischen Schichten aufgebaut sind. Die tieferen und älteren bestehen aus kalkreichem Löss, oder Ton mit zahlreichen Kalkkonkretionen. Die oberen Schichten bestehen zumeist aus alluvialen und kalkarmen Sedimenten, welche sehr wahrscheinlich aus Na-Plagioklasen entstanden sind. Er meint nun, dass die Auslaugung in dieser jüngeren Bodenschichte mehr oder weniger stark vorgegangen ist, aber diese Auslaugung konnte kaum Kalk in die tieferen Horizonte waschen, da, wie er meint, die jüngere Schichte ohnehin arm an Kalk war. Ferner weist Arany auf die Löslichkeitsfolge der Bodensalze, und sagt, dass das CaCO_3 nur nach den wasserlöslichen Salzen der Tiefe zuwandern kann. Eine Behauptung, welche nach den bekannten chemischen Gesetzen oder auch experimentell kaum unterstützt werden kann. Bevor ich in der Wiedergabe der Bodenbildungsvorstellung von Arany dieser ausgelaugten resp. degradierten Alkaliböden fortfahre, möchte ich in dem bisher behandelten genetischen Material möglichst Klarheit schaffen. Es scheint mir, dass Arany der Alkalibodenbildungstheorie von E. Scherf⁽¹⁾ zuneigt, wenn auch Arany's Vorstellung nicht ganz mit derselben übereinstimmt. Ich finde es nicht nötig, die Widerlegung von Scherf's Theorie zu wiederholen. Ich habe das schon öfters getan und verweise nur auf meine kürzlich erschienene Abhandlung⁽²⁾. Hier beschränke ich mich auf die Bedenken, welche die Vorstellungen Arany's in mir erweckten.

Wenn ich seine Vorstellung gut verstanden habe, vermutet er, dass im Falle der ausgelaugten resp. degradierten Alkaliböden in Ungarn, der ältere und kalkreiche Lössboden, mit einem jüngeren kalkarmen, aber an natriumplagioklasreichen Alluvium bedeckt wurde. Die bei der Verwitterung der Plagioklasen entstandenen Na-Salze wurden wohl mehr oder weniger tief nach unten ins Bodenprofil eingewaschen, aber eine Auswaschung des CaCO_3 , sowie der Sesquioxide ist nach der Löslichkeitsregel gar nicht zu erwarten, so lange noch die Na-Salze soweit vorwiegen. Allein dieser Vorstellung widerspricht die Tatsache, dass nach meinen Untersuchungen gerade im Falle eines typischen degradierten Alkalibodens aus Hortobágy, mit einer charakteristischen Solonch-Struktur eine Wanderung der Sesquioxide und der löslichen Kieselsäure nachgewiesen wurde, obwohl die Höchstwerte der Na-Salze, wie auch Arany bemerkt, in B_2 und B_3 vorkommen. Um Missverständnissen vorzubeugen scheint es mir richtig die bezüglichen Befunde hier in Tabelle 1. und 2. zu wiedergeben.

Tabelle 1.

Horizont	In % auf lufttrockenen Boden berechnet		pH		Tit. Azidität		T-S
	Gesamtmenge der Salze	Na ₂ CO ₃	H ₂ O	n. KCl	mit n. KCl nach Kap-pen	mit Na-acetat	
A	0.0 — 0.1	—	5.8	4.4	2.2	21.7	16.2
B ₁	0.1 — 0.2	—	6.5	6.3	1.5	2.2	5.4
B ₂	0.3 — 0.4	—	7.4	7.12	0.1	0.5	5.1
B ₃	0.4	Spuren	7.6	7.21	0.1	0.3	4.9
C ₁	0.25 — 0.30	0.14	8.5	7.88	0.15	0.15	4.8
C ₂	0.20 — 0.25	0.17	8.7	7.16	0.10	0.20	4.7
C ₃	0.20 — 0.25	0.20	8.9	7.79	0.15	0.15	4.5
D	0.20 — 0.25	0.09	8.0	7.42	0.17	0.20	6.5

Tabelle 1. gibt uns den Salzgehalt, pH-Wert, Azidität und T-S-Werte des ganzen Bodenprofils an. Daraus ergibt sich, dass die Salze aus A vollkommen, aus B₁ stark ausgelaugt wurden und von B₂ an, ist das ganze Bodenprofil mittelmässig salzreich, mit einem Maximum in B₂ und B₃. Aus den pH-Werten, Aziditätszahlen und T-S-Werten ist es ganz klar, dass A, nicht nur ausgelaugt, sondern stark ungesättigt ist, also der Boden mit Recht als degradiert angesehen werden kann. Auch ist es interessant hier zu bemerken, dass die T-S-Werte, — konduktometrisch bestimmt, — von B₁ an bis hinunter so zu sagen unverändert angesehen werden können. Man dürfte daraus folgern, dass eine Degradation der ausgelaugten Alkaliböden nur bei einem Gesamtsalzgehalt unter 0.1 % angehen kann. Ich möchte dies nicht als eine allgemeine Regel aussprechen, denn dazu bedürfen wir noch mehr experimentelle Befunde, im gegebenen Bodenprofil scheint jedoch diese Vermutung begründet zu sein. Aus den pH-Werten und Aziditäten scheint zwar eine etwas tiefer greifende Versäuerung vorzuliegen; man darf jedoch dabei nicht vergessen, dass letztere Werte nicht allein von den im Absorptionskomplex absorbierten Wasserstoffgehalt, sondern auch von den anderen absorbierten Kationen abhängig sind.

Aus Tabelle 2., welche den Salzsäureauszug wiedergibt, sehen wir nun, dass ein Wandern der Sesquioxide und der löslichen SiO₂ von A nach B₁, B₂ und B₃ zu, unstreitbar vorliegt. Besonders augenscheinlich wird diese Wanderung nach der Tiefe bei der lösl. SiO₂ und scheint bei C₁ plötzlich aufzuhören. Hier beginnt nämlich das Auftreten von CaCO₃ im Bodenprofil. Es scheint als ob die Auslaugungsgrenze des CaCO₃ die Wanderung der kolloiden Silikate aufhebt. Das finden wir nicht nur bei den Alkaliböden, wo ebenfalls das CaCO₃ durch die saure Auslaugung tiefgewaschen und deshalb die kolloiddisperse Phase der oberen Horizonte in Bewegung gesetzt wird, was eben bei den

Tabelle 2.

	B o d e n h o r i z o n t							
	A	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃	D
Na ₂ O	0.99	2.32	3.00	1.96	0.78	0.81	0.67	0.89
K ₂ O	0.36	0.43	0.55	0.70	0.27	0.29	0.26	0.29
CaO	0.63	0.77	1.09	0.69	10.12	16.00	14.53	14.40
MgO	0.27	0.70	0.67	1.65	1.42	0.23	0.24	0.35
MnO	—	—	—	—	0.02	0.98	1.04	0.78
Al ₂ O ₃	3.60	5.77	8.15	8.33	6.65	6.63	8.95	8.25
Fe ₂ O ₃	0.57	3.32	6.81	7.00	4.14	3.60	4.63	4.50
SO ₃	0.18	0.26	0.58	0.46	0.01	0.23	0.07	0.17
P ₂ O ₅	0.21	0.13	0.12	0.20	0.15	0.07	0.05	0.04
CO ₂	—	—	—	—	7.00	11.55	10.62	10.45
In konz. HCl und 5 % KOH lösliche								
Kieselsäure SiO ₂	5.83	10.88	20.75	21.20	12.94	12.75	13.50	13.36
Glühverlust	10.94	2.02	2.24	2.25	1.96	1.46	1.61	2.15
Unlöslich	75.50	73.75	55.75	55.15	54.80	46.00	44.00	44.95
Summe	99.99	100.35	99.71	99.59	100.26	100.60	100.37	100.59

kalkgesättigten Böden wie z. B. bei den Steppenböden, besonders wenn sie bis zum oberen Horizont CaCO_3 führen, nicht der Fall ist. Auch habe ich gefunden, dass bei salzreichen Alkaliböden, wie z. B. in einem anderen Alkaliboden aus Hortobágy, bei dem der Salzgehalt der oberen Horizonte viel höher stand wie hier, die Wanderung der Sesquioxide nicht eintrat. Ich will damit nicht meinen, dass eben diese Regel sich verallgemeinern lässt, kolloidechemisch ist jedoch die Erscheinung unschwer zu erklären, dass nämlich so lange CaCO_3 resp. eine höhere Konzentration der Natriumsalze in den obersten Horizonten vorliegt, eine Wanderung der Kolloide verhindert wird. Die Grenzwerte bei welchen diese Wanderung schon eingreifen kann, können wir heute noch nicht feststellen. Aus den Werten der Tabelle 1. u. 2. können wir dennoch folgern, dass wenn die Gesamtmenge der wasserlöslichen Salze (zumeist Na-Salze) 0.1—0.2 % nicht übersteigt und der Boden CaCO_3 -frei ist, die Wanderung der Sesquioxide und der löslichen SiO_2 eingreifen kann.

Es ist also gar nicht so mit der Löslichkeit der Bodensalze, wie es Arany in seiner Abhandlung vorstellt. Aus Tabelle 2. ist auch die Auslaugung des CaCO_3 nach der Tiefe klar feststellbar, denn in Horizont C₁ haben wir ja nur 10.1 % CaO und 7 % CO₂, während im Horizonte C₂ 16.00 % CaO und 11.55 % CO₂ gefunden wurden. Man kann ja vermuten, dass das Profil auch hier aus zwei geologischen Formationen entstanden ist: die untere aus kalkreichem Löss, und die

obere aus kalkfreiem Alluvium, reich an Na-Plagioklasen. Das sollte man jedoch am Profil selbst durch eine scharfe Grenzschicht der beiden Bildungen wahrnehmen können. Auch die chemische Zusammensetzung des salzsauren Auszuges, nach van Bemmelen—Hissink, sollte eine Trennung der zwei geologischen Formationen ankünden. Wenn wir jedoch Tabelle 2. in dieser Hinsicht prüfen, so kann kaum eine scharfe Grenze gefunden werden, bei der nicht nur das CaCO_3 , sondern auch die anderen Bodenbestandteile charakteristisch abschneiden.

Wenn auch das Na_2O in B_1 , B_2 und B_3 angehäuft ist, allein C_1 , C_2 , C_3 und D sind garnicht ärmer als A, besonders wenn wir den Gehalt an Na_2O auf CaCO_3 -freien Boden umrechnen. Ungefähr dasselbe gilt für K_2O , nur ist das Maximum etwas tiefer in B_3 verschoben. Das MgO hat auch daselbst sein Maximum, allein greift es stark in C_1 über, um in C_2 zurückzufallen und Horizont A gleichzukommen. Nun kommen wir zu MnO , das fehlt gänzlich von den Horizonten A, B_1 , B_2 und B_3 und ist ziemlich beträchtlich in C_2 , C_3 und D. Dennoch enthält C_1 so wenig, dass es nur eine Grenze aufzustellen nur bei C_2 zulässig wäre, also tiefer als für CO_2 . Auch bezüglich Al_2O_3 und Fe_2O_3 ist es schwer die vermeintlichen zwei geologischen Formationen zu trennen. Die lösl. SiO_2 deutet wohl eine Grenze an, allein die darunter liegenden C_1 usw. Horizonte sind stets reicher als z.B. A-Horizont.

Es soll damit nicht behauptet sein, dass die Bildung der verschiedenen Horizonte aus verschiedenen geologischen Formationen unmöglich wäre; in diesem Falle aber hat die Bodenauslaugung in Alkalisalzlösungen die verschiedenen Schichten zu einem ganzen Bodenprofil zusammengeschmolzen. Und das kann ja nur dadurch erklärt werden, dass die Na-Salze das ganze Profil durch und durch waschen. Einmal von oben nach der Tiefe und dann in der Trockenperiode von der Tiefe bis zu Horizont-A.

Tabelle 3.

Horizont	T	Äquivalente der austauschbaren Kationen der maximalen Absorptionskapazität (T)					S	V
		Ca	Mg	K	Na	H		
A	36.8	16.8	15.0	3.2	20.9	44.1	20.6	55.9
B_1	36.8	26.1	16.8	2.7	39.7	14.7	31.4	85.3
B_2	47.4	21.8	15.5	1.9	50.2	10.6	42.3	89.4
B_3	45.8	21.6	20.7	2.1	44.6	11.0	40.9	89.0
C_1	44.4	32.4	19.8	4.1	32.9	10.8	39.6	89.2
C_2	43.8	34.6	19.6	6.6	28.4	10.8	39.1	89.2
C_3	45.0	35.8	17.8	5.4	31.0	10.0	40.5	90.0
D	45.6	34.9	18.4	4.4	28.1	14.2	39.1	85.4

Das beweist am besten Tabelle 3., die die Zusammenstzung des ganzen T-Komplexes im Bodenprofil widerspiegelt.

Wenn wir die T-Werte von B_2 an vergleichen, so zeigt sich eine Einförmigkeit der Absorptionskapazität, welche das ganze Profil als eine Einheit uns vorstellt. Die geringe Abnahme in A und B_1 , wie die Zunahme in B_2 kann aus der schon oben gegebenen Erklärung leicht verstanden werden. Die einzelnen Kationen wechseln natürlich im Rahmen dieser einheitlichen Absorptionskapazität. Zunächst sehen wir, dass das Ca der Tiefe nach zunimmt, Mg hat sein Maximum in B_3 , K in C_2 , dagegen Na in B_2 und H in A. Das alles ist in vollem Einklang mit den Auslaugungstheorien in alkalischer Salzlösung. Wir können auch feststellen, dass der tiefste Horizont nicht weniger alkalisiert ist als A. Das kann nur in einem Profil zustandekommen, welches mit Na-Salzen durchgewaschen wurde. Man ist also nicht berechtigt anzunehmen, dass die Auslaugung nach der Tiefe nur in den oberen kalkfreien Horizonten vorkommen kann, und dass in den tieferen Horizonten der Aufstieg der Lösungen die Bodensalze in B_2 , resp. B_3 angehäuft hat. Der Aufstieg des Na wird durch Kapillarität, resp. Aufsaugungskraft des trocknenden Bodens vollbracht werden. Das ist ja eben in den obersten Horizonten der Fall. Es ist dann nur ein Gleichgewichtszustand, dass sich das Maximum der Na-Salze nicht im obersten, sondern in B_2 , resp. B_3 entwickelt hat. Es ist dabei noch zu bemerken, dass mit der Anhäufung der Bodenkolloide in B_2 und B_3 die Durchlässigkeit stetig abnimmt, um dann ganz aufgehoben zu werden und diese Akkumulationsschicht trennt heute die oberen Horizonte von den tieferen.

Allein nicht nur die Na-Salze werden zunächst der Tiefe nach ausgelaugt und in der Trockenperiode, nach der Löslichkeit entsprechend der Salze wieder gehoben, sondern namentlich auch die Ca-Salze. Man denke nur an die Tatsache, dass sich $CaCO_3$ in Na_2SO_4 besser löst, als in Wasser. Dasselbe gilt von Gips und NaCl u. s. w. Es ist auch bekannt und mit den Ziffern der Tabelle 3. bestätigt, dass die Na-Salze das Ca des Absorptionskomplexes eben dann am stärksten verdrängen, wenn der Boden schon $CaCO_3$ -frei geworden ist. Darauf ist es zurückzuführen, dass wir in den kalkfreien Horizonten (A— B_3) weniger Ca im Absorptionskomplex finden, als in den Kalkführenden (C_1 —D).

Wenn dann die Auslaugung der Salze soweit vorrückt, dass wie in unserem Falle, A weniger als 0.1 % enthält, dann scheint schon die Hydrolyse des absorbierten Na stark einzugreifen und verursacht das Eindringen von H im Absorptionskomplex. In unserem Falle macht das ungefähr 44 % der Wertigkeit des Komplexes aus. Diese Vorstellung der Auslaugung, resp. Degradierung der Alkaliböden ist

also nicht bloss eine Vermutung, sondern wurde durch analytischen Belegen festgestellt.

Was endlich die Assoziation dieser ausgelaugten, resp. degradierten Alkaliböden im Theissgebiet mit den aus Löss entstandenen schwarzen bis licht braunen Steppenböden antrifft, so muss man noch zwei Glieder zur Assoziation zufügen, welche wohl nicht immer vorkommen, sogar oft fehlen können, jedoch zum Verständnis der Bildung dieser Alkaliböden mitbetrachtet werden mögen. Diese zwei Glieder der Assoziation werden durch die schwarzen, schweren tonreichen Wiesenböden und die flachen Wiesenmoorböden unseres Tieflandes vertreten. Wenn alle vier Mitglieder in einer Gegend vorkommen und die orographischen Verhältnisse mit dem Vorkommen der einzelnen Glieder verglichen werden, dann gewinnt man den Eindruck, dass die Steppenböden zumeist die erhabensten Flächen, die Moorböden die tiefsten einnehmen, und die Alkaliböden zu den Steppenböden, die Wiesenböden zu den Flachmoorböden näher sind. Und das steht mit der Hydrologie dieser Bodentypen im engen Zusammenhang. Denn die Steppenböden standen nie unter Wasser, und sind von Anfang an tief wasserdurchlässig. Die Flachmoore standen und stehen manchmal jetzt noch immer unter Wasser, der Untergrund muss also in irgendeiner Tiefe wasserundurchdringlich sein. Die wassersperrende Grundschicht ist bei den Alkaliböden auch stets aufzufinden und wahrscheinlich wenn auch vielleicht tiefer, bei den Wiesenböden vorhanden. Wir finden jedoch diese Wiesenböden gewöhnlich etwas tiefer gelegen, als die Alkaliböden. Die letzteren bildeten sozusagen die Randflächen der mit Wasser ständig überfluteten Gebiete, welche in der Trockenperiode austrockneten und die Salzbewegung von der Tiefe nach oben umkehren konnten, was im Falle der Wiesenböden nicht oder nur selten vorkam, und je nach dem der Versalzung der Wiesenböden vorbeugte. Zur Zeit des Hochwassers wurden aber auch die Alkaliböden mit Wasser bedeckt und je nach dem mehr oder weniger ausgelaugt. Das ist nun die Aufgabe unserer Geologen zu erklären wie und wann diese Reliefunterschiede entstanden sind und mit was für einem Grundmaterial ausgefüllt wurden. Ich will nun nicht weiter in diese geologische Erklärung eingreifen nur scheint mir die Sache gar nicht so einfach zu sein, wie das Arany in der Abhandlung uns vorlegt.

Ich will mich nun der zweiten Abhandlung, welche mir zum Referieren hier zugesandt wurde, widmen. Die Böden der Abhandlung von M. Franc de Feriere: "Terres salées des marais cotiers de la Guinée française", können allerdings zu den Salzböden zugeteilt werden, wenn auch die mitgeteilten Angaben mit den echten Alkaliböden nicht viel Gemeinschaftliches vermuten lassen, aber vielleicht den Salzböden Finnlands näher stehen.

Die Böden aus Benty (franz. Guinea) sind ähnliche Bodenbildungen im equatorialen, feucht warmen Klima, wie die Marschböden in Deutschland, oder die Kwelder-, resp. Polderböden in Holland. Die Böden wurden von den Meereswellen durch Dämme verschlossen und nun haben sich 3 Zonen ausgebildet. Die von den Dämmen weitestfernteste ist am wenigsten salzhaltig und die Salze bestehen besonders aus Sulphaten. Die mittlere Zone ist schon viel salzreicher und die überwiegende Menge der Salze in den oberen Horizonte besteht aus Chloriden. Endlich die Zone an der Meeresseite ist nur mit einer Salzflora bewachsen. In der mittleren Zone findet man Salzausbildungen, welche nicht nur reich an Sulphaten und Chloriden sind, sondern in welchen das lösliche FeO und Al_2O_3 15.72 % ausmacht und die freie Azidität einer Schwefelsäure von 23.4 % entspricht. Hier sehe ich die Analogie dieser equatorialer Salzböden, mit den nördlichen (borealen) Salzböden Finnlands, welche nämlich auch Eisen- und Aluminiumsulphate führen und ausgesprochen sauer sind.

Leider kann man aus den analytischen Belegen nicht erfahren, was die Menge der Na-Salze ausmacht. Es ist also noch fraglich ob diese Böden zu der Bodenordnung der Na-Böden eingeteilt werden können. Allenfalls scheinen hier die Na-Salze mehr eine einleitende Rolle in der Bodendynamik zu spielen und die Bildung von Schwefelsäure in der Gleyschicht (B—G) sowie das Freiwerden des FeO und Al_2O_3 — das Verfasser für eine Art Lateritisierung betrachtet — eine entscheidende Bodenerscheinung darzustellen. Die Bodenverbesserungsmomente, welche Verfasser sehr interessant in Vorschlag bringt, gehörten schon nicht im Rahmen der Alkalibödenklassifikation.

LITERATURVERZEICHNIS:

1. EMIL SCHERF: Geologische und morphologische Verhältnisse des Pleistozäns und Holozäns der Grossen Ungarischen Tiefebene und ihre Beziehungen zur Bodenbildung, insbesondere der Alkalibodenentstehung. Jahresbericht d. kgl. ung. Geologischen Anstalt über die Jahre 1925—1928. Erschienen 1935 in Budapest. S. 274—301.
2. ALEXIUS A. J. VON 'SIGMOND: Einige neueren Theorien über die Bildung der ungarischen Alkaliböden (Szikböden) und der daraus gefolgerten praktischen Ratschläge. Vortrag gehalten in der Fachsitzung der Ung. Geolog. Gesellschaft am 7. April 1937. Földtani Közlemény LXVII. Heft 7—9.

Zur Diskussion ergreift das Wort

Ferrière: Je viens confirmer les vues de M. le Prof. de 'Sigmond sur la paranté probable des sols sulfatés acides des marais cotiers de Guinée, que j'ai décrits dans ma communication au congrès

que nous aurons l'occasion de voir dans l'excursion finale du Congrès d'Helsinki.

Les sols de Guinée appartiennent à la zone des sols de la région des grandes pluies équatoriales, caractérisée sur les plateaux par l'apparition des phénomènes latéritiques. Les sols des marais de Finlande appartiennent eux à la zone humide tempérée froide caractérisée par les sols podzoliques de plateaux. J'ai observé des sols salins acides analogues dans les marais du Médoc en France, au pied des grands plateaux podzoliques de la forêt landaise.

En Guinée, comme en Finlande et au Médoc on observe l'acidification extrême du sol sur l'influence de sulfates de fer et d'alumine, le lessivage et le blanchiment de l'horizon A_2 au-dessus de l'horizon humifère superficiel A_1 enfin la formation de gley dans l'horizon illuvial B caractérisé par sa couleur verte ou bleuâtre et son odeur sulfurée.

Endrédy: Zu dem Referat von v. Sigmond möchte er hinzufügen, dass die Typenfrage der Alkaliböden nicht nur auf Grund von Analysen entschieden werden kann. Die ausgelaugten Typen können zuerst unter saurer Degradation gebildet und dann von unten versalzt (alkalisiert) geworden sein. Dafür hat man entscheidende geologische Gründe. Der Möglichkeit einer intensiven Auswaschung widersprechen dabei die Befunde die er bei der Untersuchung eines seit 25 Jahren überfluteten Fischteichbodens, der ein ziemlich schlechter Alkaliboden gewesen war, vorfand. Über die Frage soll übrigens demnächst ein Aufsatz veröffentlicht werden.

Nach diesen Diskussionsausprachen wurde über die Bestimmung des Salzgehaltes in Salzböden diskutiert:

Zuur: Speaker submits to the meeting, for criticism, the determination of the content of exchangeable bases in salty soils with the aid of pressjuice analyses; which method he considers serviceable for salty soils containing no alkali-carbonates, and of which any $MgCO_3$ present practically does not dissolve in a normal $NaCl$ solution. With this method an amount of soil is pressed out in a hydraulic press, another amount is leached out with a normal solution of $NaCl$ and a third one with a normal solution of NH_4NO_3 . The water-soluble and exchangeable ions are determined in the $NaCl$ and NH_4NO_3 extracts, and also, by Jarussow's method, the $CaCO_3$ dissolved in the $NaCl$ extract. The difference between the sum of the cations and anions in these extracts gives the value S (sum of the exchangeable bases).

The content of Mg, K, Na, and Cl is determined in the press-juice. It is assumed that the water-soluble bases in the soil are in the same relation to the Cl as in the press-juice. From the figures for the

content of the press-juice and the Cl content of the NH_4NO_3 extract the content of water-soluble Mg, K, and Na can then be calculated; and as the sum of the water-soluble and exchangeable Mg, K, and Na is known, the content of exchangeable Mg, K, and Na can also be calculated. By subtracting the sum of these values from S, the content of exchangeable Ca is also known. (As the soil often contains solid CaSO_4 , the content of exchangeable Ca cannot be determined in the same way as that of the other bases).

Im Anschluss ergreift weiters das Wort

Hissink: und fragt ob die holländischen Salzböden in Ungarn untersucht werden könnten.

Endrédy: Meint dass dies leicht möglich wäre und gibt weiters Aufschluss über die in seinem Institut angewendeten Methoden.

Vorsitzender: Dankt für die Vorträge bzw. für die Teilnahme an der Diskussion und schliesst somit die Sitzung.

MINUTES OF THE MEETING OF THE II. COMMISSION
ON 28. JULY 1938.

Chairman: Prof. J. HENDRICK.

Secretary: Dr H. GREENE.

After opening the session and the announcement of some official matter, the report was held by

H. PALLMANN. (*E. T. H.*) Zürich.

NEUERE METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER
ORGANISCHEN SUBSTANZ IM BODEN.

Der Referent gibt in seinem einleitenden Vortrag einen Ueberblick über die verschiedenen, in der Bodenkunde vorgeschlagenen Methoden zur Bestimmung des Gesamthumus, und diskutiert die der Tagung in Helsinki von V. Novák & J. Pelíšek vorgelegte Humustitrations-Methode:

"Vergleich der Humusbestimmung mit der Oxydationsmethode nach Knop und mit der Titrationsmethode nach Walkley-Black". Verhandl. der II. Kommission der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Helsinki 1938. (A) S. 96—102.

Diese von Novák und Pelíšek verbesserte Titrationsmethode basiert auf der nassen Verbrennung des Humus mit Schwefelsäure-Kaliumbichromat und nachfolgender Rücktitration des unverbrauchten $K_2Cr_2O_7$. Diese rasche und in ihren Ergebnissen stark von den Arbeitsbedingungen abhängige Methode wird den verschiedenen Instituten zur Nachprüfung empfohlen.

Ueberleitend zur Besprechung der von S. A. Waksman der Versammlung vorgelegten Arbeit, betitelt:

"What is active soil organic matter"? Verhandl. der II. Kommission der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Helsinki 1938. (A) S. 17—28, werden die verschiedenen neueren Methoden zur Aufteilung des Gesamthumus in bestimmte Humusgruppen, erörtert:

- a) Dispergierungsmethoden
- b) Oxydationsmethoden
- c) Hydrolysemethoden
- d) Acetyl bromid-Methode.

Es wird dargelegt, dass alle diese Verfahren aus der gleitenden Reihe der Humusabbauprodukte, welche im Gesamthumus vereint sind, Komplexe erfassen, die qualitativ und quantitativ von Methode zu Methode verschieden sind. Die auf Grund der verschiedenen Arbeitsvorschriften erfassten Humusanteile (dispergierte, oxydierte, hydrolysierte, acetyl bromid-lösliche) unterscheiden sich in ihren Eigenschaften nur graduell von den im Rückstand verbliebenen Komponenten des Gesamthumus (nicht-dispergierbare, nicht-oxydierbare, nicht-hydrolysierbare und acetyl bromid-unlösliche). Eine zu scharfe Trennung des Gesamthumus in "aktive" und "inaktive" Humusstoffe ist wissenschaftlich nicht ganz einwandfrei. Der begriffliche Gehalt dieser Bezeichnungen ist überdies auch von Forscher zu Forscher verschieden. Das gleiche gilt auch für die ausgeschiedenen Gruppen: "zersetzer-unzersetzer" bzw. "humifizierter-unhumifizierter" Humus. Alle diese Begriffe besitzen wohl für die äussere Kennzeichnung der Humusarten der verschiedenen Bodentypen ihren bestimmten Wert, sie umschreiben aber, streng wissenschaftlich genommen, nur unscharfe, ineinander übergehende Stoffkomplexe.

S. A. Waksman begründet in der oben genannten Arbeit, seinen, durch mikrobiologische und chemische Untersuchungen gewonnenen Standpunkt.

In the discussion the following took part:

Novak: Da das Referat von mir und Dr Pelišch völlig methodisch ist und in den Verhandlungen der II. Kommission veröffentlicht wurde, halte ich es nicht für notwendig das Referat vorzulesen und empfehle die Methode zur Nachprüfung. Möchte nur beifügen, dass es wirklich überraschend war als Prof. Pallmann bemerkte, dass die Titration bei Zimmertemperatur die besten Resultate liefert. Es muss jedoch darauf aufmerksam gemacht werden, dass nach der Zugabe von Kaliumbichromat und Schwefelsäure eine starke Erwärmung eintritt und vielleicht zur vollständigen Oxidation der Humussubstanzen genügt.

Waksman: The only justified concept in the separation of soil organic matter into active and inactive forms is the micro-biological. The degree of decomposition may thus be considered as equivalent to the degree of activity. A knowledge of the chemical composition

of the humus, as determined by the proximate methods of analyses, enables us to interpret the results of the decomposition processes. The evolution of carbon dioxide and liberation of nitrogen as ammonia and nitrate are the simplest and most convenient procedures for measuring the decomposition processes.

Joffe: It was refreshing to hear the critical review of Dr Pallmann on the problem of humus. It is, however, not clear why Dr Pallmann fears the use of the terms "active" and "inactive". In many organic compounds we find that certain chains or positions in the configuration are active in taking on elements or compounds. In this sense we may look on active and inactive humus. To illustrate this we may recall the work of Sokolovski who differentiates active and inactive soil organic matter from the stand point of its cation exchange capacity.

If we have one zonal soil in which the exchange capacity of the soil organic matter is, for the sake of argument, 30 % of the total and each gram of organic matter is responsible for 10 % of that, and in another soil these values are different, than we have a definite difference which is valuable.

We differentiate active and inactive mineral matter from the stand point of exchange capacity why not do that, as Sokolovski did, with soil organic matter?

Crowther: Said that the Walkley-Armstrong Black method for determining organic carbon in soils was described by him in the Second Commission Conference in Copenhagen in 1933. It had been tested against dry combustion and other rapid methods by a Committee under his Chairmanship which had reported at the Oxford Congress in 1935. The method had proved very convenient and gave reliable results for groups of comparable soils. The correction factor might, however, vary appreciably between highly contrasted groups and it was therefore desirable to check it against the dry combustion method. The Knop method involved essentially the same type of reaction as the Walkley-Black method and agreement between these two methods did not provide any drastic test of either, though it was useful to know that the simpler titration method could replace the Knop method.

In dealing with agronomical questions involving crop rotations, green manures and leys it seemed unlikely that chemical fractionation methods would yield suitable fractions. Some interesting results had been obtained at Rothamsted by following throughout the season the changes in the "oxidisable carbon", measures as CO_2 produced, and "nitrifiable nitrogen", both determinations being made on a single sample of incubated soil. In such work a simple technique was needed

because large numbers of samples had to be dealt with. He had found relationship between wheat yields and an expression for nitrifiable nitrogen minus a proportion (about one-tenth) of the oxidisable carbon in soils with varied croppings in the preceding year.

Several attempts to characterise soil humus by extracting fractions with such reagents as sodium fluoride or oxalate to reflect mainly the reaction or calcium status of the soil. Such information could often be obtained more precisely by more direct methods. For extracting a fraction of humus which was presumably held as a calcium-saturated complex he had found sodium hexametaphosphate (technical 'Calgon') to be very useful. This salt had the remarkable power of taking up calcium ions into an anionic complex, and thus replacing calcium in the organic and clay complex by sodium. With this reagent it was possible to perform mechanical analyses of a large group of soils by sedimentation in very hard water. It seemed likely that the reagent would prove to be very useful in many branches of soil investigations.

Hissink: Ursprünglich hatte ich nicht die Absicht mich an der Debatte zu beteiligen. Der Lauf welchen diese Debatte jedoch genommen hat zeigt vielleicht nützlich zu sein folgendes mitzuteilen: die schlickigen Ablagerungen, welche sich an unseren Küsten absetzten, bilden das Material unserer fruchtbaren Tonpolderböden. Nun enthalten diese Schlickablagerungen je 100 g Tonsubstanz (Teilchen kleiner als 0.016 mm Durchmesser, also Fraktion I + II) nahezu alle dieselbe Menge an organischer Substanz, nämlich in Mittel 9.6 g. Zum Vergleich sind alle Zahlen, über die ich verfüge, auf 60 % Tonsubstanz umgerechnet. 100 g Trockensubstanz (105° C) von diesem Schlick enthält also 60 g Ton und rund 5.8 g Humus; weiter ungefähr 0.327 g N, also pro 100 g Humus rund 5.6 g N. Nach Eindeichung, bei der Kultivierung als Ackerland, findet eine starke Oxidation der organischen Substanz in der Oberkrume statt. Nach 70 Jahren ist der Humusgehalt in der Oberkrume von 5.8 % auf 3.2 % gesunken, also von 9.6 g auf 5.3 g Humus je 100 g Tonsubstanz. Der Stickstoffgehalt ist gesunken von 0.327 g auf 0.209 g, in Prozenten auf Humus ist der Stickstoffgehalt also gestiegen von 5.6 % auf 6.6 % ($100 \times 0.209 : 3.2 = 6.6$). Die organischen Verbindungen haben sich in diesen 70 Jahren also schneller umgesetzt als die Stickstoffverbindungen. Es ist nun merkwürdig, dass die älteren schweren Polderböden im Dollardgebiet (Provinz Groningen) — untersucht wurden Polderböden, im Gebrauch als Ackerland, bis ungefähr 350 Jahren nach der Eindeichung — ungefähr den gleichen Humusgehalt und den gleichen Stickstoffgehalt behalten, nämlich 3.2 % Humus (bei 60 % Tonsubstanz) und 0.209 % N. Offenbar ist ein Gleichgewichtszu-

stand von ungefähr 5.3 g Humus auf 100 g Tonsubstanz und von 6.6 g N auf 100 g Humus eingetreten. Es sei hier noch hinzugefügt, dass diese Betrachtungen für Ackerland, Oberkrume und nahezu neutrale Reaktion gelten.

Die Böden des Versuchspolders in der Nähe von Andyk (Zuidersee) boten nun die Gelegenheit diese Umsetzungsprozesse der organischen Substanz und des Stickstoffs von Anfang an zu studieren. Die Eindeichung war im Jahre 1927 fertig. Der Schlickboden enthielt rund 60 % Tonsubstanz und hatte im Jahre 1927 noch 5.8 % organische Substanz, also pro 100 g Tonsubstanz 9.6 g organische Substanz; weiter 0.333 % N, also 5.7 g N pro 100 g Humus. Nach vier Jahren (im Jahre 1931) war der Humusgehalt auf 5.4 % gesunken (9.0 g Humus je 100 g Tonsubstanz) und der Stickstoffgehalt auf 0.291 % (5.4 g N je 100 g Humus). Nach acht Jahren (im Jahre 1935) waren diese Zahlen 5.2 % (= 8.7 g Humus pro 100 g Tonsubstanz) und 0.278 % (= 5.3 g N pro 100 g Humus). Erstens sei nun bemerkt, dass sich in dieser 8 jährigen Periode eine ungeheure Menge CO_2 bildete und grosse Mengen Stickstoff frei wurden; u. zw. in der Periode von 1927—1935 (acht Jahre) im Mittel jährlich 75 mg Humus je 100 g Trockensubstanz (in der Oberkrume das ist jährlich im Mittel 115 kg Stickstoff—N pro Hektar). Es liegt auf der Hand, dass der junge Tonboden aus den Versuchspolder Andyk in den ersten Jahren gar nicht auf eine Stickstoffdüngung reagiert und trotzdem sehr hohe Ernten liefert. Weiter ist zu bemerken, dass die organische Substanz in dieser acht jährigen Periode langsamer umgesetzt wurde, als die Stickstoffverbindungen; der prozentuale Gehalt des Stickstoffs in der organischen Substanz nahm von 5.7 auf 5.4 und 5.3 ab. Später muss dieser Gehalt wieder steigen.

Es ist heute morgen viel über aktive und inaktive organische Substanz gesprochen worden und dabei tritt die Frage in Vordergrund, wie diese beiden Formen zahlenmässig bestimmt werden können. Zur Lösung dieser Frage sind gerade am Anfang gute Untersuchungsobjekte sehr nötig. Vielleicht bildet der neue Schlickboden ein Beispiel von organischer Substanz die neben inaktiver organischer Substanz auch sehr viel aktive enthält; im Gegenteil zu den älteren Tonböden, deren Humus vielleicht grösstenteils inaktiv ist.

Waksman: I welcome Dr Crowther and Dr Hissink to the group of microbiologists. Attention is called to the role of organic matter in the movement of the finer inorganic fractions on the seabottom. It would be of considerable interest to study the clay-humus relationships in soil. That such complexes exist has already been

brought out many years ago by our own work on the β fraction of the humus.

After this discussion the following subject was dealt with, that of the X-ray investigations, the report on which was given by

A. JACOB. *Berlin.*

DER CHEMISCHE CHARAKTER UND DIE BEDEUTUNG DER TONFRAKTION.

Über den chemischen Charakter und die Bedeutung der Tonfraktion sind der Kommission zwar nur 2 Arbeiten eingereicht worden, dafür enthalten diese aber doch recht wertvolle Ergebnisse, die als Stütze für bisher zum Teil noch hypothetische Anschauungen dienen können. Es sind dies die Arbeiten Alexander und Sterling B. Hendricks: "X-ray investigation of colloid fractions of some American soils", James Hendrick und Hugh D. Welsh: "The composition of the suspended matter in the drainage of the Craibstone lysimeters". Eine weitere Arbeit von R. Hart "The mineral composition of the certain Scottish soils" bringt ebenfalls sehr interessante Mitteilungen über die mineralogische Zusammensetzung von Böden; sie betrachtet aber hauptsächlich die gröberen Fraktionen des Bodens und ist daher für das Studium des Tonproblems nur indirekt von Bedeutung.

Es ist der Wunsch geäußert worden, ich möchte mich in meinem Referat über die Tonfraktion nicht darauf beschränken, lediglich über die der Kommission eingereichten Spezialarbeiten zu berichten, sondern lieber ein abgerundetes, zusammenhängendes Bild von dem gegenwärtigen Stande des ganzen Tonproblems geben, welches auch den Fachgenossen, die dieses Spezialgebiet nicht näher bearbeitet haben, die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten vermittelt und die angewandten Methoden beschreibt. Ich komme dieser Anregung gerne nach, muss aber um Entschuldigung bitten, wenn ich teilweise, um eine zusammenhängende Darstellung zu geben, auch Dinge erwähne, die vielleicht zum Teil elementar anmuten werden.

Ich beginne mit der Definition von Ton. Diese ist anders vom Standpunkte des Keramikers aus, als vom Standpunkte des Mineralogen, oder des Chemikers, oder des Bodenkundlers, obgleich alle denselben Stoff meinen.

Der Bodenkundler definiert als Ton die bei der mechanischen Analyse sich ergebende Fraktion, bei welcher der mittlere Durchmesser der einzelnen Teilchen unterhalb 2μ liegt. Diese auf Grund

ihrer Teilhengrösse definierte, sogenannte Tonfraktion ist ein Gemisch verschiedener Bestandteile. Man kann vor allem unterscheiden den organischen Teil, den Humus, und den mineralischen Teil, der den Ton im engeren Sinne enthält. Das Studium der Struktur dieser eigentlichen Tonsubstanz bietet deshalb ausserordentlich grosse Schwierigkeiten, weil man den Humusgehalt der Tonfraktion nicht absondern kann, ohne gleichzeitig Eingriffe in den Aufbau des mineralischen Tonkomplexes vorzunehmen.

Man nahm früher an, dass das Verhalten der Tonfraktion des Bodens im wesentlichen durch ihren kolloidalen Charakter, also durch die Aufteilung zu ausserordentlich kleinen Teilchen mit sehr grosser Gesamtoberfläche, bedingt sei und dass die Tonfraktion deshalb die wichtigste Trägerin der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens sei.

Man stellte die Theorie aus, dass die Einzelteilchen der Tonfraktion jeweils aus einem Kern, einer sogenannten Micelle bestehen, der eine festhaftende elektrische Schicht negativer Ladung besitzt und um den sich daher infolge elektrostatischer Anziehung eine äquivalente Schicht von positiv geladenen Ionen in Form von Kationenschwärmen anlagert. Diese elektrostatisch gebundenen Kationen betrachtet man als die austauschfähigen Ionen des Tonteilchens. Der Kern der Einzelteilchen kann nach dieser Auffassung von verschiedener Struktur sein. Ist der Kern kompakt, so erfolgt der Umtausch von Kationen nur ausserhalb des Kernes, ist er dagegen zerklüftet, so tritt auch im Innern des Kernes ein Austausch ein.

Wiegner machte darauf aufmerksam, dass bei der Verwitterung bzw. Zerkleinerung, durch welche die kleinsten Teilchen erzeugt werden, Bruchflächen entstehen, die eine ultramikroskopische Struktur von Erhebungen und Vertiefungen besitzen. Die Haftfestigkeit der Umtausch-Ionen, weissst an diesen, als metastrukturiert bezeichneten Oberflächen, Unterschiede auf, je nachdem sie an einer Fläche, einer Kante oder einer Spitze einer solchen ultramikroskopischen Erhebung oder Vertiefung elektrostatisch gebunden sind. Ein Tonteilchen ist also durch seine chemische Zusammensetzung nicht eindeutig charakterisiert, sondern es spielt auch die örtliche Verteilung der Aussenionen eine Rolle, die durch die verschiedenen Metastrukturen der Oberfläche bedingt ist.

Schon diese Überlegungen zeigen, dass die Eigenschaften der Tonfraktion nicht lediglich eine Funktion der kolloidalen Grössenordnung der Teilchen sein können, sondern dass auch die mineralogische und chemische Zusammensetzung eine Rolle spielt.

In der Tat verhalten sich nicht alle Teilchen der Tonfraktion, die man bei der Schlämmanalyse in der Fraktion $< 2 \mu$ findet, gleich. So hat z. B. ein feines Quarz- oder Feldspatpulver nicht die Fähigkeit, mit Wasser eine plastische Masse zu bilden; der Glimmer, sowie Montmorillonit, Bentonit, tun dies dagegen. Auch in Bezug auf das chemische Verhalten bestehen selbstverständlich grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Arten der unter dem Begriff Tonfraktion zusammengefassten Teilchen des Bodens.

Wenn wir uns einen Begriff von der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung der Tonfraktion machen wollen, so liegt es nahe, zunächst zu überlegen, wie sich der Ton im Boden gebildet hat.

Während das grobe Material der Böden, das Bodengerüst, im wesentlichen aus Bruchstücken der bodenbildenden Gesteine und Mineralien besteht, pflegt man anzunehmen, dass die Tonfraktion die Verwitterungsprodukte des Bodens darstellt. Aus seinen Versuchen über die untere Grenze der rein physikalischen Zerteilung von Mineralien zog G. W. Robinson den Schluss, dass diese bei einer Grösse von etwa $0,6 \mu$ Durchmesser liegt; demnach wäre also mit der Möglichkeit zu rechnen, dass in dem gröberen Teil der Tonfraktion, die sich ja nach der internationalen Definition bis zu einer Teilchengrösse von 2μ erstreckt, auch unzersetzte Mineralien enthalten sein können. Zur gleichen Ansicht kam C. E. Marshall auf Grund optischer Untersuchungen; er würde als obere Teilchengrösse für Ton 1μ vorziehen. Immerhin dürfte nach C. W. Robinson vor allem bei Böden primärer Verwitterungsart die Menge dieser unverwitterten Beimengungen nur gering sein, sodass man den Ton im wesentlichen als den Verwitterungskomplex der Böden auffassen kann.

Um zu prüfen, ob die Tonfraktion von einheitlichem Charakter ist, zerlegte A. F. Joseph die gesamte, aus gewissen Sudanböden isolierte Tonfraktion weiter in verschiedene Fraktionen von Ultraton; es zeigte sich, dass diese anscheinend von gleichförmiger Zusammensetzung waren. Auch R. Bradfield fand keinen wesentlichen Unterschied zwischen dem gröberen Teil des Tons innerhalb der Teilchengrösse $0,4-1,2 \mu$ und dem feineren Teil $< 0,1 \mu$ des Tongehaltes eines Missouribodens. Auch die der Kommission eingereichte Arbeit von Hendrick gibt eine Bestätigung dieser Auffassung. Hendrick hat das suspendierte Material im Drainagewasser der Craibstone Lysimeter untersucht, das er als die Verwitterungsprodukte der Bodenmineralien ansieht. Er teilt es in 2 Fraktionen, die er als kolloidal bzw. grobdispers bezeichnet. Das kolloidale Material wird durch HCl koaguliert, bzw. durch Membranfilter abfiltriert. Im langjährigen Durchschnitt erwies es sich als von ziemlich gleich-

mässiger Zusammensetzung; allerdings war die Düngung von Einfluss infolge des dadurch bewirkten Basenaustausches. Er fand einen höheren Basengehalt bei dem Drainageschlamm aus den gedüngten Lysimetern.

Man ist mithin zu der Annahme berechtigt, dass der Hauptteil des Tongehaltes eines bestimmten Bodens Verwitterungsmaterial von gleichmässiger Zusammensetzung ist.

Hinsichtlich der Bildung dieses Tonmaterials bestehen verschiedene Anschauungen. Wir können einmal annehmen, dass wir im Ton die Restprodukte der Verwitterung der bodenbildenden Mineralien zu sehen haben, bei der einwertige und zweiwertige Kationen weitgehend entfernt sind und nur noch die am meisten beständigen Aluminiumsilikatgitter der ursprünglichen Mineralien erhalten geblieben sind.

Die früheste Theorie, die sich noch in vielen Lehrbüchern findet, betrachtete den Kaolinit als das auf diese Weise entstandene wesentliche Tonmineral und fasst die chemische Verwitterung als den Prozess der Kaolinisierung auf, der im Idealfalle, also bei der Verwitterung von Orthoklas-Feldspat durch die Gleichung dargestellt ist.



Es ist jedoch zu bemerken, dass das Gestein Kaolin, dessen charakteristisches Mineral der Kaolinit ist, das Ergebnis einer in der Tiefe vorgegangenen hydrothermalen Zersetzung ist, die sich grundsätzlich unterscheidet von den an der Erdoberfläche vor sich gehenden Prozessen, durch welche die Böden gebildet werden. Ausserdem fehlen ihm die Eigenschaften der Plastizität, der kolloidalen Quellung und des Basenaustausches, die für Böden charakteristisch sind. Die Theorie der Kaolinisierung eignet sich daher nicht für eine allgemeine Erklärung der Entstehung des Tonkomplexes, obgleich der Tonkomplex Kaolinit oder in ihrer Konstitution dem Kaolinit ähnliche Mineralien enthalten kann.

R. Ganssen versuchte durch Säureauszug den Verwitterungskomplex von dem unverwitterten Teile des Bodens zu trennen und kam zu der Theorie einer Verbindung von der Formel $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{RO}$ (R_2O_3). Er erklärt die tatsächlichen Abweichungen von dieser Formel durch die Anwesenheit eines Überschusses entweder von Kieselsäure oder von Tonerde. Auf Grund dieser Annahme stellte er künstliche Austauschkomplexe, die sogenannten Permutite her, die technisch für die Wasserreinigung von Bedeutung geworden sind und die in der Bodenkunde vielfach als Modells substanzen für das Studium der Gesetzmässigkeiten des Ionenaustausches benutzt wurden.

Die Ähnlichkeit, welche die Basenaustauschreaktionen des Bodens mit denen der Zeolithe aufweisen, hat gewisse Forscher zu der Annahme geführt, dass diese Mineralien im Verwitterungskomplex anwesend seien, und man hat den Tonkomplex als den zeolithischen Komplex des Bodens bezeichnet. Da aber keiner der bekannten Zeolithe als im Boden anwesend nachgewiesen ist, scheint es besser zu sein, den Gebrauch dieser Bezeichnung zu vermeiden.

Eine andere Annahme hinsichtlich der Entstehung des Tons ist die, dass der Ton nicht Reste von zersetzten Silikat-Mineralien, sondern Neubildungen darstellt, die durch gegenseitige Ausfällung von kolloidal gelöstem Aluminiumoxyd und kolloidal gelöster Kieselsäure entstanden sind. Eine Schwierigkeit bedingt diese Erklärung insofern, als das Inlösungsgehen von Aluminiumoxyd und Kieselsäure unter verschiedenen Bedingungen erfolgt. Nach Harassowitz löst sich Kieselsäure am leichtesten in reinem Wasser, Eisenoxyd und Aluminiumoxyd gehen dagegen in Lösung, sobald das Wasser Humusstoffe enthält. Eine gegenseitige Ausfällung dieser kolloidalen Lösungen zu einem gemengtem Gel könnte mithin nur in Frage kommen, wenn unter verschiedenen Bedingungen gebildete Lösungen wieder zusammentreffen. Nach dieser Theorie würde dem Verhältnis $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ besondere Bedeutung für die Kennzeichnung der Tone zukommen, bzw. dem Verhältnis von $\text{SiO}_2:(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$.

Ein Mangel der früheren Theorien über die Konstitution des Tons oder Verwitterungskomplexes der Böden war nämlich, dass sie allgemein Verbindungen oder Komplexe annahmen, die hauptsächlich aus Kieselsäure und Tonerde aufgebaut waren, während Eisenoxyde nur als zufällige Bestandteile betrachtet wurden. Es ist jetzt bekannt, dass Eisenverbindungen wesentliche Bestandteile des Tonkomplexes bilden, denn es liegen Tone mit beträchtlichen Gehalten an Eisen vor, bei denen nicht angenommen werden kann, dass das Eisenoxyd nur zufällig hinzugekommen ist. Jede Theorie über die Natur des Tonkomplexes muss mit dem möglichen Auftreten von Komplex-Ferro — oder Ferrisilikaten und der Möglichkeit des isomorphen Ersatzes von Aluminium durch Eisen in Komplex-Aluminiumsilikaten rechnen.

J. M. van Bemmelen nahm an, dass der im Boden gebildete Verwitterungskomplex aus 2 Fraktionen besteht, nämlich aus einem Komplex A, löslich in heisser konzentrierter Salzsäure mit einem molekularen Verhältnis zu $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$, das von 3—6 schwankt, und einem Komplex B, löslich nur in heisser konzentrierter Schwefelsäure, der ein Molekularverhältnis $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ hat, das von 2—3 schwankt. Der Komplex A wurde von ihm als ein Adsorptionskomplex von unbestimmter Zusammensetzung und kolloidalem Charakter aufgefasst,

während der Komplex B als im wesentlichen dem Kaolin ähnlich und weniger reaktionsfähig als der Komplex A betrachtet wurde. D. J. Hissink, J. van der Spek und S. B. Hooghoudt haben unlängst van Bemmelen's Methode bei der Untersuchung gewisser holländischer Böden benutzt. Sie fanden, dass etwa 70 % der Tonfraktion aus dem Komplex A bestehen, dem etwa 90 % der chemischen Reaktionsfähigkeit, wie sie durch die Fähigkeit des Basenaustausches gemessen wird, zuzuschreiben sind.

Eine Stütze für die Auffassung des Tones als eines Fällungsproduktes von Kieselsäure und Aluminiumhydroxyd bildeten neuerdings die Untersuchungen von S. Mattson. Mattson studierte die Fällungen, die unter verschiedenen Bedingungen aus Lösungen gebildet werden, die denen gleichen, von denen man die Bildung des kolloidalen Komplexes im Boden erwarten kann.

Die Beständigkeit der dabei entstehenden Körper, die stets sowohl anionen- wie auch kationenaustauschfähig waren, erreicht ihren Höchstwert im isoelektrischen Punkt; d. h. bei der Zusammensetzung, bei welcher sie unter dem Einfluss eines Potentialgefälles nicht mehr wandern.

Mattson kommt zu dem Schlusse, dass mindestens der Hauptbestandteil der Tonsubstanz nicht von bestimmten Mineralien gebildet wird, sondern von ausgefällten Gelen, die eine Mischung von Aluminium- und Eisenhydroxyden, Kieselsäure, Humussäure sind. Allerdings können nach Mattson auch diese Gele beim Altern z. T. ein Kristallgitter bilden.

Ausser der Bestimmung des Verhältnisses $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ist auch die Bestimmung der Basensättigung für die Charakterisierung von Tönen benutzt worden.

Die Eigenschaft der Tonsubstanz, wertvolle Pflanzennährstoffe, wie Kalium, festzuhalten und dafür andere Basen, wie Natrium und Calcium in Lösung zu schicken, wurde bereits von John Way um die Mitte des vorigen Jahrhunderts entdeckt.

Über die Natur dieses Adsorptionsvorganges konnten die darüber angestellten Untersuchungen noch keine völlige Klarheit schaffen. Die Vertreter der physikalischen Richtung sehen darin eine Oberflächenadsorption, die Vertreter der chemischen Richtung eine Austauschreaktion. Mit letzterer Anschauung steht zwar im Einklang, dass der Austausch sich stöchiometrisch vollzieht, andererseits widerspricht ihr aber, dass das Massenwirkungsgesetz darauf nicht anwendbar ist. Neuerdings fasste Möller wiederum den Ionenaustausch als einen

dem Massenwirkungsgesetz doch unterliegenden Vorgang auf und erklärt die beobachteten Abweichungen damit, dass man in die Formel nicht die Konzentrationen der Ionen, sondern ihre Aktivitäten einsetzen muss.

Allen chemischen Methoden der Untersuchung von Ton haftet die Schwierigkeit an, dass die Tonfraktion keine einheitliche chemische Verbindung ist, sondern ein Gemenge aus verschiedenen Silikaten, Quarz, Sesquioxiden. Es ist daher nicht möglich, auf Grund der chemischen Analyse zu einer Strukturformel für die eigentlichen Tonminerale zu gelangen. Ein entscheidender Fortschritt wurde ermöglicht durch die Anwendung der Röntgenspektrographie; erst

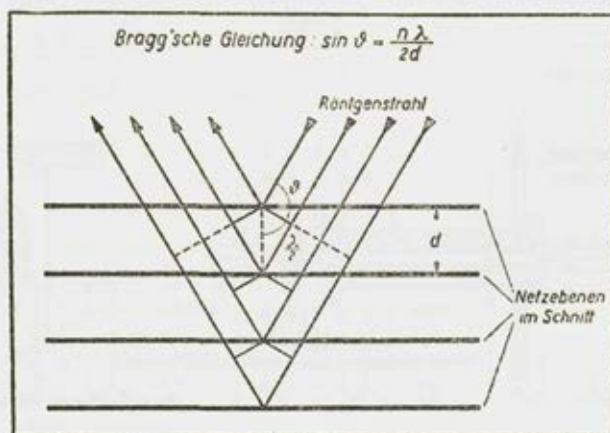


Abb 1.

diese konnte die durch zufällige Beimischungen verursachten Störungen ausschalten und einwandfrei feststellen, dass die für die Eigenschaften der Tonfraktion massgebenden Substanzen gewisse Tonminerale kristalliner Struktur sind. Dies steht nicht im Widerspruch zu ihrem Vorhandensein in Form von Kolloiden, da sich der Begriff "kolloidal" nicht auf die Struktur, sondern nur auf die Grösse der Teilchen bezieht.

Es ist vielleicht nicht uninteressant, an dieser Stelle kurz die Grundzüge der Ausführung von röntgenspektrographischen Untersuchungen zu skizzieren. Bei der Bestimmung der Wellenlänge der Röntgenstrahlen ergab sich die Schwierigkeit, dass man keine Beugungsgitter herstellen konnte, um Spektren von Röntgenstrahlen zu erzielen, da die Wellenlänge der Röntgenstrahlen zu klein war. Man hätte dazu Gitter haben müssen, die auf 1 mm etwa 5,000,000 Striche hatten.

Da die Grössenordnung der in einem Kristallgitter angeordneten Atome ungefähr dieser Grösse entspricht, fasste Laue den Plan, Kristalle zur Bestimmung der Grössenordnung der Wellenlänge von Röntgenstrahlen zu benutzen. Umgekehrt gibt natürlich das Röntgenspektrogramm auch ein Mittel, um, wenn die Wellenlänge der Röntgenstrahlen bekannt ist, die Abstände der Atome, bzw. ihre Anordnung in einem Kristallgitter zu ermitteln.

Da alle in einem Kristall liegenden Ebenen, in denen die gleichen Atome angeordnet sind, den einfallenden Röntgenstrahl spiegeln, kann nach Bragg ein paralleles Röntgenstrahlenbündel nur dann gespiegelt werden, wenn sein Einfallswinkel ϑ so gross ist, dass die an den einzelnen Netzebenen des Gitters gespiegelten Strahlen gegeneinander

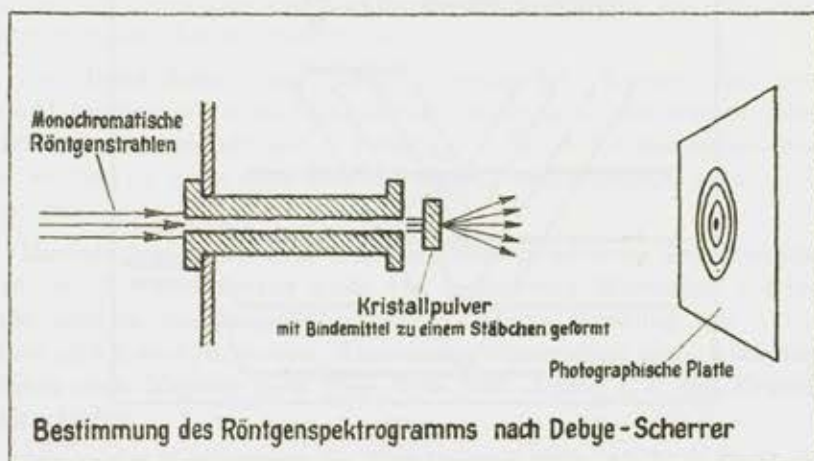


Abb 2.

einen Gangunterschied von je einem ganzen Vielfachen der Wellenlänge λ des Strahls besitzen. Es muss also sein

$$2 d \sin \vartheta = n \lambda$$

wenn d der Abstand der Netzebenen ist, bzw.

$$d = \frac{n \lambda}{2 \sin \vartheta}$$

Das Verfahren von Bragg ist nur anwendbar für gut ausgebildete Kristalle.

Debye und Scherrer haben nun gezeigt, dass man auch ganz feine Kristallpulver benutzen kann, die man einem Bündel von

monochromatischen Röntgenstrahlen aussetzt. Die unzähligen mikroskopischen Kristalle bieten sich den Strahlen unter jedem möglichen Winkel dar. Wenn wir von den Gitterebenen einmal die betrachten, deren Abstände einen bestimmten Wert d haben, so geben von diesen nur diejenigen eine Reflektion, die gegenüber dem Strahl den Winkel θ bilden.

Auf einer photographischen Platte werden diese einen Kreis von einem bestimmten Radius ergeben. Andere Schichten mit einem anderen Gitterabstand ergeben Ringe von einem anderen Radius, da

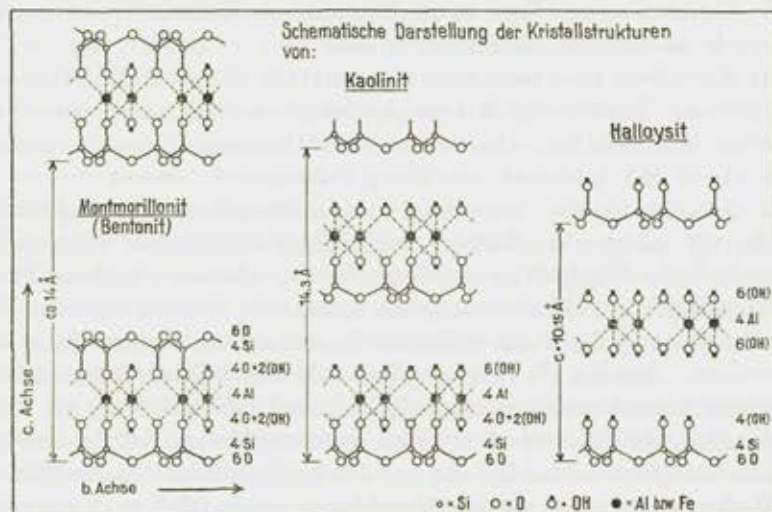


Abb 3.

auf sie der Strahl unter einem anderen Winkel fallen muss, um reflektiert zu werden.

Wir bekommen auf diese Weise bei der Untersuchung des Pulvers eine Serie von Ringen, deren gegenseitige Lage es gestattet, Rückschlüsse zu ziehen auf die Abstände der verschiedenen Gitterebenen und damit auf die Anordnung der Atome. Man war auf diese Weise in der Lage, Einblick zu gewinnen auch in die Kristallstruktur selbst von derartig fein verteilten Substanzen, wie sie die Tonminerale darstellen.

Die Anwendung der Röntgenspektrometrie hat gezeigt, dass folgende kristalline Mineralien in der Tonfraktion des Bodens enthalten sein und ihre Eigenschaften bestimmen können: (Bild 3).

1. Kaolinit ist ausgezeichnet durch eine grosse Festigkeit des Raumnetzes und diesen Eigenschaften entsprechend, geringe Aufnahmefähigkeit für Kationen (bis 10 MÄ Kationen pro 100 g Trockensubstanz).

2. Montmorillonit, ausgezeichnet durch grosse Lockerheit des Netzes in einer Richtung, was eine einseitige Wasserquellung bedingt. Er hat eine grosse Aufnahmefähigkeit für Kationen (bis 100 MÄ Kationen pro 100 g Trockensubstanz). Zu der Gruppe der Montmorillonite gehören die Bentonite, Beidellite, Nontronite und alle Mineralien, die nur in einer Richtung aufquellen.

3. Halloysit. Wenn dieses Material oberhalb 50° erhitzt wird, geht es in kaolinitähnliches Material über.

4. Wir haben auch noch eine glimmerartige Tonsubstanz gefunden. (die wir mit Tonmineral X bezeichneten) mit noch nicht genau bestimmten Eigenschaften, aber mit eigenem Röntgenbild und austauschfähig bis 50 MÄ Kationen pro 100 g Substanz.

5. Auf Grund der Vermutung, dass in besonders stark abgebauten Böden, vor allem der Tropen, auch Hydrargillit als wesentlicher Bestandteil der Tonfraktion auftreten könne, prüften wir diese Frage an einer Reihe von Javaböden genau bekannter Entstehungsart. Wir konnten aber nur die oben erwähnten Tonmineralien röntgenographisch nachweisen, dagegen in keinem Falle Hydrargillit. Wir möchten allerdings dieses Resultat nicht als gänzlich endgültig betrachten, denn um die Hydrargillitlinien zu erfassen, mussten wir aus der Tonfraktion das Eisen entfernen, und bei der verhältnismässig hohen Angreifbarkeit des Hydrargillits ist es nicht ausgeschlossen, dass dabei auch der etwa vorhandene Hydrargillit zerstört wurde.

Alexander und Hendricks untersuchten die Tonfraktion einer Reihe von amerikanischen Böden, die hauptsächlich aus Kalkstein hervorgegangen waren, sowohl analytisch wie röntgenographisch. Das hauptsächlichste Tonmineral war Kaolinit (der in 2 Böden ausschliesslich vorlag). In 5 der 7 untersuchten Böden waren ausserdem 10—50 % eines glimmerartigen, wasserhaltigen Tonminerals nachzuweisen, wahrscheinlich entsprechend dem Tonmineral X oder dem Montmorillonit. Die Gehalte an diesem gingen parallel mit dem Kaligehalt. Störend war die Anwesenheit von Quarz und Goethit.

Die unbestimmte Hypothese eines Adsorptionskomplexes, welche die alte Kaolinit-Hypothese ersetzte, hat jedenfalls nunmehr einer Auffassung zu weichen, nach welcher der Tonkomplex aus einigen wenigen Mineralien von bestimmter kristalliner Struktur besteht.

Die Tonmineralien können Aluminiumsilikate oder Ferri- oder Ferro-Silikate sein. Ausserdem können Mineralien auftreten, in denen

ein isomorpher Ersatz von Aluminium durch Eisen stattgefunden hat. Als beigemengte Mineralien können Quarz, hydratisiertes Sesquioxyd, Muskovit, Glimmer, Talk, Glaukonit, Chlorit anwesend sein.

Während in den Mineralien des Kaolinit-Halloisyt-Typs die Reaktionsfähigkeit auf Bruchflächen der Gitterstruktur beschränkt zu sein scheint, können in den Mineralien des Montmorillonits einwertige und zweiwertige Kationen, die Bestandteile des Gitters sind, da sie zugänglich sind, in Austauschreaktionen mit den Kationen von Elektrolyt-Lösungen eintreten. In austauschfähiger Form sind die Kationen aber nicht notwendigerweise in den Verhältnissen anwesend in denen sie innerhalb des Mineralgitters auftreten. Während Anzeichen dafür vorhanden sind, dass innerhalb des Gitters von montmorillonitischen Mineralien das vorherrschende zweiwertige Kation Magnesium ist, ist das vorherrschende austauschfähige Kation gewöhnlich Calcium. Eine interessante Bestätigung hierfür enthält auch die von mir bereits zitierte Arbeit von Hendrick. Hendrick fand, dass im Dränageschlamm Mg stets in viel grösserer Menge anwesend war als Ca; selbst in den mit Ca gedüngten Lysimetern war das Verhältnis nicht wesentlich verschoben. Durch Auflösen in Wasser wurde dagegen stets eine viel grössere Menge an Ca ausgewaschen, als an Mg; ein Zeichen also, dass im Gesamtkomplex mehr Mg als Ca anwesend ist, in der leicht zugänglichen Form dagegen mehr Ca als Mg.

Die bis jetzt über die Tonmineralien vorhandenen Kenntnisse sind nur von vorläufigem Charakter und es bleibt eine Aufgabe der Zukunft, einen Überblick über die Tonmineralien der hauptsächlichen Weltgruppen und Untergruppen der Böden zu schaffen. Inzwischen gestattet aber die vorhandene Kenntnis der Zusammensetzung des Tonkomplexes verschiedener Böden, dass man gewisse Folgerungen für die Erklärung der wichtigsten Eigenschaften der Tone zieht, nämlich ihrer Fähigkeit zum Basenaustausch und ihrer Quellbarkeit mit Wasser.

So steht die bereits von J. Way gemachte Beobachtung, dass gewisse Doppelsilikate durch Erhitzen die Fähigkeit zum Basenaustausch verlieren, im Einklang mit Befunden von Hendricks und Fry, die bei der Prüfung der Röntgenspektren Veränderungen beim Erhitzen auf 750° feststellten.

Zusammen mit Hofmann, Loofmann, Maegdefrau konnten wir feststellen, dass die T-Werte der Tonfraktion von der Natur des hauptsächlich anwesenden Tonminerals abhängen. Lag Kaolinit als hauptsächliches Tonmineral vor, so waren die T-Werte niedrig. Entspricht der Prozentgehalt an Ton dem T-Wert in Millival, so liegt als hauptsächliches Tonmineral Montmarillonit vor, der einen

T-Wert von 100 hat. Die Bestimmung des Prozentgehaltes an Ton und des T-Wertes ergibt mithin die Möglichkeit einer Diagnose auf das Vorliegen bestimmter Tonminerale. Beim Behandeln mit konzentrierter HCl, welche das Gitter von Montmorillonit nicht zerstört, wurde die Austauschfähigkeit der Tonfraktion der betr. Böden nicht aufgehoben; es deutet dies darauf hin, dass die Austauschfähigkeit nicht auf der Anwesenheit von Zeolithen oder gemengten Gelen beruht, da diese von der konzentrierten Salzsäure aufgelöst worden wären.

Es liegt nach diesen Untersuchungen der Schluss nahe, dass das Adsorptionsvermögen in der besonderen Struktur des Gitters gewisser Tonminerale begründet liegt, worauf van der Meulen hinwies. So adsorbieren stark solche Minerale, bei denen im Kristallgitter das 4-wertige Si teilweise durch das 3-wertige Al ersetzt ist. Minerale, wie Quarz, Limonit, Kaolinit und Hydrargillit, wo ein solcher Ersatz nicht stattfand, zeigen dagegen keinen Austausch.

Stets ist ein beträchtlicher Teil von Mg und bis zu gewissem Grade auch von Ca, K und Na in der kolloidalen Fraktion nicht austauschfähig. Durch feineres Vermahlen lässt sich nach Kelley aber die Austauschfähigkeit von Mg, K und H erhöhen.

Kelley konnte zeigen, dass sich durch Vermahlen von Orthoklas und Muskovit die T-Werte annähernd bis auf 100 bringen liessen, ebenso war dies möglich bei Kaolinit und Pyrophyllit. Durch Vermahlen von Bentonit liess sich der T-Wert von 100 bis auf 250 erhöhen. Bei Stoffen, wie Quarz, Aluminiumhydroxyd, Eisenhydroxyd liess sich dagegen die geringe Austauschkraft auch durch stärkeres Mahlen nicht erhöhen. Es ergibt sich daraus die Frage, ob ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den austauschfähigen und den nicht austauschfähigen Basen der verschiedenen Tonminerale besteht oder ob der Unterschied darauf beruht, ob sie an der Oberfläche von Teilchen auftreten oder nicht. Die Austauschfähigkeit kristalliner Minerale würde danach einmal auf Grund der Zugänglichkeit der betr. Kationen und ferner auf Grund der Bindekraft zu erklären sein, welche die Basen am Kristallgitter festhält. Mit Ausnahme der Basen, welche Wasserstoffionen in hydratisierten Aluminosilikaten ersetzt haben, sind nur solche Kationen austauschbar durch NH_4 , welche überschüssige Negativladungen der Aluminosilikatstruktur ausgleichen. Bei den Glimmermineralen treten solche Ladungen an den Spaltflächen, bei Montmorillonit, Zeolithen und Feldspaten an der Oberfläche von inneren Hohlräumen auf. Bei Montmorillonit und den Zeolithen sind diese inneren Hohlräume gross genug, um Ionen aus der Lösung den Zutritt zu gewähren, dagegen nicht bei den Feld-

spaten. Für Mg liegt der Fall verwickelter, es ist hier mit der Möglichkeit zu rechnen, dass Mg einen Teil der Gitterstruktur selbst bildet. Hierzu muss allerdings bemerkt werden, dass eine Nachprüfung der Ergebnisse von Kelley und Jenny durch Hofmann keine Erhöhung der T-Werte durch stärkeres Vermahlen nachweisen konnte.

Auch die Quellungseigenschaften der Tone müssen aus der Struktur der Tonminerale ableitbar sein, denn die Wasseradsorption von Kolloiden hängt ab von den Kräften, welche die Oberflächen der einzelnen Teile ausüben. Hofmann erklärt bekanntlich aus der Röntgenstruktur des Montmorillonits seine Fähigkeit zur eindimensionalen Quellung.

Kelley, Jenny und Brown versuchten die Wasseradsorption der Bodenkolloide dadurch zu studieren, dass sie Mineralien von bekannter Kristallstruktur untersuchten und ihre Eigenschaften mit denen der Bodenkolloide verglichen.

Die Dehydrationskurven von Quarz, Feldspat, Zeolith und Permutit waren dabei ziemlich gleich.

Das meiste Wasser wurde allmählich unterhalb 400° Celsius abgegeben; man fasst dies als adsorbiertes Wasser auf, welches durch Bindekräfte der Oberflächen der Kristalle festgehalten wird. Eine andere Kurvenform zeigten Glimmer, Pyrophyllit, Kaolinit sowie Halloysit. Bei diesen trat der Hauptwasserverlust ziemlich plötzlich kurz vor 500° C auf, man betrachtet dieses Wasser als Kristallgitterwasser. Die Kurven für Bentonit, Montmorillonit und Beidellit stellten eine Überlagerung beider Kurventypen dar. Es tritt sofort ein starker Anstieg in der Kurve

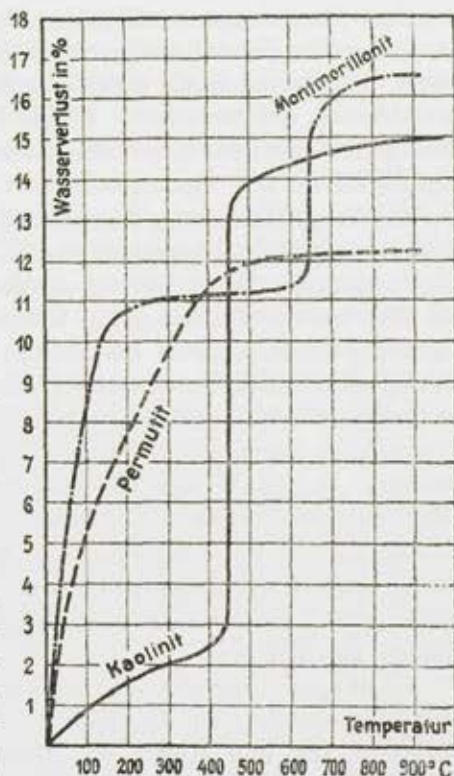


Abb. 4. Schematische Dehydrationskurven von Permutit, Kaolinit und Montmorillonit.

auf, ein Zeichen, dass der grösste Teil des adsorbierten Wasser bei Temperaturen unter 100° bis 150° entweicht, bei 650° entweicht ziemlich plötzlich das Kristallgitterwasser.

Bei starkem Vermahlen von Kaolinit ergaben sich nach Kelley, Jenny und Brown ausser der Änderung des T-Wertes auch zwei bedeutsame Änderungen in der Dehydrationskurve. Der Wendepunkt rückt nach einer tieferen Temperatur hin, ein Zeichen, dass das Kristallgitterwasser aus kleineren Teilchen leichter entweicht. In Verbindung damit steht, dass die Menge des Kristallgitterwassers abnimmt und die des adsorbierten Wassers entsprechend zunimmt, während im Inneren der grösseren Teilchen die OH-Ionen des Wassers allseitig von anderen Ionen umgeben sind und festgehalten werden, kommen sie durch die Zerkleinerung an die Oberfläche und sind dann nur noch an einer Seite festgehalten.

Die Unterschiede im Verhalten des adsorbierten Wassers, also das raschere Entweichen desselben bei Montmorillonit, wird auf Verschiedenheiten der Kristallstruktur zurückgeführt: Im Falle des Permutits wird das Wasser durch verhältnismässig starke an den Bruchflächen auftretende elektrostatische Bindekräfte festgehalten, im Falle des Montmorillonits durch schwache zwischen den Schichten auftretende Restfelder.

Bei Vergleich mit der Tonfraktion verschiedener Böden ergab sich, dass diese Kristallgitterwasser enthalten, dass sie dies Wasser aber bei niedrigeren Temperaturen verlieren als die bekannten Mineralien. Ob dies auf der Teilchengrösse beruht oder eine Struktureigenschaft darstellt, bleibt noch zu erforschen. Auf alle Fälle scheinen in den Böden Mineralien vorzukommen, die dem Kaolinit, und solche, die dem Montmorillonit ähneln. Das Kristallgitterwasser scheint in der Tonfraktion das durch die Bruchflächen adsorbierte Wasser zu überwiegen. In den meisten Böden scheinen also als Tonmineral dem Montmorillonit verwandte Mineralien vorzuherrschen.

Ausser für die Erklärung der Adsorption und der Hydratation bietet aber die röntgenographische Untersuchung der Tonfraktion auch in anderer Hinsicht noch Möglichkeiten, um Eigenschaften der Böden aufzuklären.

L. Meyer benutzt die röntgenspektrographische Untersuchung der Tonmineralien, um die ausserordentlich widerstandsfähige Bindung zwischen Ton und Humus zu erklären. Er fand, dass trotz einer physikalisch-mechanisch kaum mehr lösbaren innigen Bindung beider Komponenten das Kristallgitter des Montmorillonits durch den Humus in keiner Weise beeinflusst wurde und kam zu der Ansicht, dass

Natur und Zustand des mineralischen adsorbierenden Bodenkomplexes als der eigentliche Träger der Humusanreicherung anzusehen ist.

Von Correns u. a., sowie Schachtschabel ist ferner der Versuch gemacht worden, die Ergebnisse der Bodenuntersuchung nach der Keimpflanzmethode mit der mineralogischen Zusammensetzung der Tonfraktion in Verbindung zu bringen. Ganz allgemein dürfte es für die Auswertung jeder Bodenuntersuchung von wesentlicher Bedeutung sein, dass man die Natur des in ihm vorherrschenden Tonminerals kennt, da man bei dem verschiedenen Verhalten dieser Tonminerale hinsichtlich Basenadsorption erst dann seinen Nährstoffhaushalt richtig beurteilen kann. So lässt sich z. B. erst dann voraussehen, ob ein Boden zugeführtes Düngerkali sofort zur Wirkung kommen lässt oder ob zunächst eine Anreicherung desselben erfolgen muss und erst nach Absättigung des Adsorptionsvermögens des Bodens das zugeführte Kali den Pflanzen zugänglich wird. Manche vermeintliche Unstimmigkeiten zwischen dem Ergebnis einer Bodenuntersuchung, die Kalibedarf anzeigt, und dem Düngungsversuch, der trotzdem vielleicht keine Kaliwirkung ergibt, dürfte sich aufklären lassen, wenn man weiss, welche Tonminerale für das Verhalten des betreffenden Bodens ausschlaggebend sind.

Damit wäre ich am Ende meines Berichtes über die den Aufbau der Tonfraktion betreffenden Arbeiten angelangt. Bis zur Möglichkeit einer praktischen Auswertung der Kenntnis vom Aufbau der Tonenbilanz ist der Weg noch weit. Wir müssen diesen Weg aber einschlagen, denn die Kenntnis des Aufbaus der für die Vorgänge im Boden ausschlaggebenden Bodenbestandteile ist die Voraussetzung dafür, dass die Bodenkunde aus einer nur empirischen Disziplin, die auf konventionelle Methoden angewiesen ist, sich zu einer die Gesetzmässigkeiten erklärenden exakten, reinen Wissenschaft weiter entwickeln kann.

In the course of the discussion on this subject the following took part:

Alexander: I wish to call attention to a few developments made since submission of the paper by Dr Hendricks and myself. It has been found possible to distinguish both α FeO (old) and Fe_2O_3 in some of the colloids used in this study. Montmorillonite has been found in some of our soils from our Midwestern States. We are using another tool for studying these soil colloids and that is differential heating cunes. We hope that this method will be useful in identifying some of the clay minerals.

Auf die nicht zugekommene Bemerkungen von Kubiena antwortete

Alexander: In answer to the suggestion of Dr Kubiena that microscopic examination of the red and yellow soils of the USA might be fruitful, I wish to say that we recognise this point but regret that we have not had the services of a petrographer since the death of Mr. Ary a few years ago.

Tamm: Möchte eine Bemerkung zu dem Vortrag des Herrn Kollegen Jacob machen. Die nordischen Glazialtone bestehen, wie die Geologen der fennoskandischen Länder schon seit langem wissen, hauptsächlich aus mechanischen Zermahlungsprodukten von Gesteinsmineralien, oftmals aus archaischen Gneissen und Graniten herrührend. Schon Atterberg wies darauf hin, dass wahrscheinlich Glimmermineralien in den nordischen Glazialtonen mechanisch angereichert worden sind und es wahrscheinlich ist, dass die Plastizität der Tone von den Glimmern herrührt. Später ist Goldschmidt zu ähnlichen Schlüssen gekommen. Auch ich habe etwas über die Zusammensetzung unserer Glazialtone gearbeitet, u. zw. experimentell. Meine Resultate stimmen sehr gut mit denjenigen von Atterberg und Goldschmidt überein. Es stellte sich heraus, dass wahrscheinlich etwa 90 % der Glazialtone aus nur mechanisch zerkleinerten Gesteinsmineralien bestehen. Ein kleiner Teil ist auch chemisch verwittert, wahrscheinlich während der kurzen Periode der Zermahlung und des Sedimentierens. Man hat in Schweden versucht die glazialen Tone röntgenographisch zu untersuchen, aber mit wenig Erfolg. Auch meine "experimentelle" Tone wurden in dieser Weise untersucht. Man konnte darin Quarz nachweisen, aber kaum mehr. Die Ursache muss die sein, dass die weitgehende mechanische Zerkleinerung (zu Korngrößen von $2\ \mu$ bis etwa $0.2\ \mu$) die Gitter schaden, wodurch die Röntgenuntersuchung unmöglich wird. Jene Untersuchungen zeigen also auch den grossen Unterschied zwischen unseren Glazialtonen und den gewöhnlichen Tönen die ich "chemische Verwitterungstone" nennen möchte. In fast allen Lehr- und Handbüchern, sowie in dem schönen Überblick des Herrn Kollegen Jacob begegnet man die Auffassung, dass alle Tone "chemische Verwitterungstone" sind. Ich möchte darum die Versammlung darauf aufmerksam machen, dass die nordischen Glazialtone, obgleich sie alle charakteristische Toneigenschaften besitzen, eine ganz verschiedene Zusammensetzung haben und hauptsächlich aus mechanisch zerkleinerten Gesteinsmineralien bestehen.

Crowther: Gave an example of Dr. G. Nagelschmidt's calculations of isomorphous replacement in a beidellite. Calculating to the anhydrous form $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{11}$ the number of atoms found by analysis were:

	Found	Recalculated		
Si	3.74	3.74	—	—
Al	2.03	0.26	1.77	—
Fe	0.03	—	0.03	—
Mg	0.24	—	0.20	0.04
Ca	0.16	—	—	0.16
Na, K	0.07	—	—	0.07

The replacement of Si by Al gave a negative charge of 0.26 and that of Al by Mg one of 0.20 making a total of 0.46. The surplus cations not used in these replacements had a total charge of twice (0.04 + 0.16) plus 0.07, equalling 0.47. This balanced the calculated negative charge very prettily. This kind of calculation is admittedly only a foolscap or paper chemistry, but it quires some interest when it can be related to other findings. For the above material Dr. R. K. Schofield estimated the exchange capacity by a new method to be equivalent to 0.47 in the units used above. So far it appears that cations are held both by isomorphous replacement and by the charges resulting from it, the latter group being exchangeable. It seems unnecessary to postulate still another class as C. E. Marshall did.

Joffe: Mentioned that Dr. A. Salminen submitted to prof. H. Jenny 3 clay samples for X-ray analysis which were made by Dr. Dore. The investigation has shown that the Finnish clays contain the common Finnish rock minerals: quartz, feldspars, and micas. The absence of kaolinitic minerals has been ascertained. The presence of a clay mineral with a shifting line has been observed, which indicates the presence of products of chemical weathering. The investigation has not clarified quantitatively the different minerals. The quantity of micas in the fines grained sample has been, however, the largest.¹⁾

Jacob: Danke für das rege Interesse das seinen Ausführungen entgegengebracht wurde.

Chairman: Exposed his thanks to the reporters and the members taking part in the discussion and closed the session.

¹⁾ Bemerkung: Nach den Untersuchungen von Hendricks wurde im kolloidalen Teile der zweier südfinnischen Tonproben neben den Quartz wahrscheinlich nur ein Tonmineral, der sich offenbar dem montmorillonitischen Ende der Tonmineralien nähert, gefunden. Aarnio.

PROTOKOLL DER SITZUNG DER II. KOMMISSION
AM 29. JULI, 1938.

Vorsitzender: Prof. Dr F. GIESECKE.

Schriftleiter: Miss S. G. HEINTZE.

Nach der Eröffnung der Sitzung und einigen einleitenden Worten des Vorsitzenden, ergreift das Wort

Zucker: und verliest das Referat von v. Sigmond über die chemische Charakterisierung der Bodenprofile und Bodentypen.

A. A. J. VON 'SIGMOND. *Budapest.*

ÜBER DIE CHEMISCHE CHARAKTERISIERUNG DER BÖDEN.

Zwei Abhandlungen sind mir über die chemische Charakterisierung der Böden zugekommen. Namentlich die von V. T. Aaltonen: „Über die zeitliche Entwicklung des Podsolprofils“, und die von A. D. Desai: „The black cotton soils and red earths of the Hyderabad Deccan State India“.

In der ersten Abhandlung unterrichtet uns Verfasser über einige chemischen Merkmale, welche er in jungen und alten Podsolen in Nord- und Südfinnland geprüft hat. „Dank der bekannten Landhebung — schreibt Aaltonen — ist in Finnland und jenseits des Bottnischen Meerbusens, in den entsprechenden Teilen Schwedens, Gelegenheit gegeben, von Neuentstandenen Böden an durch mehrere Jahrtausende die Bodenbildung zu verfolgen“. Verfasser hat dies nur in zwei Altersstufen untersucht: der junge Boden ist weniger als 5—6000 Jahre alt und der übrige ist alter Boden. Es wurde möglichst so gewählt, dass die anderen bodenbildenden Faktoren gleich sind, was durch die natürliche Vegetation verfolgt werden konnte. In der vorliegenden Arbeit wurden nur die frischen Heidewälder von Nord- und Südfinnland untersucht. Die tabellarisch zusammengefassten Zahlen stellen Mittelwerte von je 7—10 Profilen dar. Die bisherigen Hauptergebnisse zeigen, dass

1) die anorganischen Kolloide (Fe_2O_3 , Al_2O_3 und SiO_2 , nach Tamms Methode mit Ammonoxalat bestimmt) flocken im jungen

Boden tiefer als im älteren aus; am deutlichsten zeigt dies das Eisenoxyd und am wenigsten die Kieselsäure.

2) Am nächsten zur Bodenoberfläche flockt Eisen und am tiefsten Kieselsäure aus.

3) Eisen gibt es im Vergleich zum Aluminium im jungen Boden reichlicher, als im alten.

4) Grobkörniger Boden wird tiefer ausgewaschen als feinkörniger.

Wenn wir nur diese vier Hauptergebnisse prüfen, können wir bestätigen, dass der Weg den der Verfasser einschreitet, schon bis jetzt interessante Ergebnisse aufschloss. Denn beim Podsolierungsprozess ist wohl die Wanderung der Sesquioxide und der Kieselsäure die chemisch am meisten fassbare und charakteristische Eigenschaft dieser Bodenbildungserscheinung. Und wenn auch Aaltonen eine Methode benutzte, welche bis jetzt nur von wenigen Bodenforschern angewendet wurde, hat das sicherlich einen relativen Wert für Finnland und Schweden, wo die Tamm'sche Methode mehr verbreitet, dabei viel einfacher und schneller ausführbar ist, als der salzsaure Auszug nach van Bemmelen-Hissink. Allein es ist noch fraglich wie die Werte der beiden Methoden sich zu einander stellen und ob tatsächlich die Tamm'sche Methode die Gesamtheit der anorganischen Kolloide in Lösung bringt, oder nur die freien Gele der SiO_2 , Fe_2O_3 und Al_2O_3 . Denn es ist wohl sehr wahrscheinlich, dass neben der freien Kieselsäure und der Sesquioxide auch Kolloide und ultrakristallinische Hydrosilikate von Aluminiumoxid, bzw., auch von FeO oder Fe_2O_3 bei der Podsolierung nach der Tiefe wandern und im Akkumulationshorizont sich anhäufen können. Allerdings erweckt in mir diese Tatsache, dass Aaltonen in einem Waldboden, der etwa 80—100 Jahre alt ist, mit dieser Methode nur sehr geringe Mengen von Fe_2O_3 gefunden hat und die zwei anderen anorganischen Kolloide beinahe vollkommen fehlten, so dass Verfasser sie nicht einmal angegeben hat, einige Bedenken. Es ist ja richtig, zu bekennen, dass in einem Sandboden, wie in diesem Falle, die Wanderungsfähige Kieselsäure und das Aluminium natürlich sehr gering sein können. Aber eine wahre Akkumulation konnte auch für Eisenoxid nicht festgestellt werden, was eben in einem Sandboden, wo bekanntlicher Weise die Eisenkonkretionen am häufigsten vorkommen, allerdings zu Bedenken Anlass gibt. Es fragt sich wieder, ob auch hier die Salzsäure-Methode nicht empfindlicher und lehrreicher sein könnte, als die Tamm'sche.

Ich kann mir aber vorstellen, dass in einem Laboratorium, wo man mit einer eingeübten Methode jahrelang arbeitete, nicht leicht geneigt ist andere Methoden anzuwenden, besonders wenn sie so viel Zeit in Anspruch nehmen, wie die vollständige Analyse des Salzsäuren-

Auszuges. Auch ist es wohlbekannt, dass heute die meisten Bodenlaboratorien wenig Zeit für rein wissenschaftliche Studien haben. Verfasser selbst betont, am Ende seines Aufsatzes, dass der Hauptzweck seiner Untersuchungen war, den Einfluss der Podsolisation auf die Fruchtbarkeit des Waldbodens zu studieren. Allerdings ist es sehr erfreulich, wenn man die wissenschaftlichen Ergebnisse der Bodenkunde je mehr praktisch anwendet. Nur dürfte man niemals vergessen, dass die Bodenkunde eine selbstständige Naturwissenschaft ist und je mehr neue wissenschaftliche Erscheinungen erforscht werden, umso häufiger wird auch die Zahl der Möglichkeiten für deren praktischen Anwendung. Als ich im Anfang dieses Jahrhunderts die ungarischen Alkali-Böden studierte, begnügte ich mich nicht nur mit den praktischen Salzbestimmungen, sondern wollte weiter wissen, was der eigentliche Unterschied zwischen einem Alkali-Boden und einem gewöhnlichen, fruchtbaren Ackerboden unseres Tieflandes ist. Ich habe weitgehende Studien ausgeführt und bin endlich ganz unerwartet daraufgekommen, dass im Alkaliboden das austauschbare Kalium, mehr oder weniger durch Natrium ersetzt ist. Gedroiz hat dieselbe Erscheinung schon etwas früher als ich — jedoch von mir unbekannt — im Laufe seiner wissenschaftlichen Studien über die Bodenkolloide erforscht. Heute liegt der Kernpunkt der Alkalibodenverbesserung darin, dass man den Na-Boden zu Ca-Boden praktisch unwandelt.

Die Frage, die Aaltonen in dieser Abhandlung angegriffen hat, verspricht so viel wissenschaftlich Interessantes, dass es erwünscht wäre, diese Gelegenheit möglichst auszunützen, um den Wirkungsfaktor "Zeit" direkt studieren zu können.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich eine allgemeine Frage nur anregen, aber ohne gleich einen Vorschlag zu machen: ob es nämlich nicht möglich und erwünscht wäre, für ähnliche, wissenschaftlich wichtigen Fragen, eine internationale Zusammenarbeit zwischen mehreren Bodenlaboratorien zu schaffen, welche die einzelnen analytischen Aufgaben unter sich verteilen würden und ein jedes Laboratorium eben jene Bestimmungen übernimmt, mit welchen es sich am meisten beschäftigte. Ich werde versuchen bis zum nächsten Kongress einen ausführlichen Vorschlag in dieser Richtung auszuarbeiten und wir werden Gelegenheit haben, diese Frage näher zu besprechen.

Die Abhandlung von A. D. Desai lässt auch sehr viele Fragen offen, welche wissenschaftlich wichtig sind. Die schwarzen Böden der Tropen und Subtropen und ihre Association mit den Roterden dieser Gegenden ist eine noch wenig erforschte bodenkundliche Frage. Desai sagt, dass beide Bodentypen aus dem selben Muttergestein (Trap, resp. Gneiss) entstehen können, nur bilden sich die Roterden stets

an den Berghängen und an den höherliegenden Teilen der Gegend, während die Schwarzerden in den tieferliegenden und mehr flachen Gebieten verteilt sind. Die Profile zeigen keine charakteristischen Horizonte nur in den Schwarzerden bildet sich ein Anhäufungshorizont von CaCO_3 umso tiefer, je mehr Feuchtigkeit in den Boden eindringen kann. Die Tiefe des Schwarzbodens ist recht verschieden, von 2—4 Fuss, kann aber auch 8—10 Fuss erreichen. Die Roterden sind im Gegenteil nicht tief und zeigen keine Akkumulationsschicht von Kalk an, jedoch von Eisenkonkretionen. Die Roterden haben etwa 20—40 % Rohton und Silt, die Schwarzerden dagegen 40—75 %. Die Roterden sind sauer oder neutral, die Schwarzerden alkalisch mit einem Kalkgehalt von 0.4—25 %. Die Austauschkapazität des Tones der Schwarzböden beläuft ungefähr 1 m. e. pro Gramm, wobei derselbe Wert in den Roterden nur 0.5 m. e. hoch ist. Alle vier austauschbaren Basen (CaO , MgO , K_2O und Na_2O) sind in der Schwarzerde reichlicher, als in der Roterde. In der letzteren ist das CaO/MgO -Verhältnis etwas enger als bei den Schwarzerden. Das dürfte auf eine relativ stärkere Auslaugung des Kalkes bei den Roterden schliessen lassen. Der C/N-Quotient ist im selben Gebiet in den Roterden enger, als in den Schwarzerden, woraus man auf die stärkere Verwesung der organischen Substanz schliessen dürfte. Was aber sonderbar ist, die prozentuale Menge des Kohlengehaltes ist in den Roterden ungefähr dieselbe, als in den Schwarzerden. Dennoch ist die Farbe der beiden Bodenarten ganz verschieden. Eine Frage, welche schon viele Forscher der indischen Schwarzerden beschäftigte. Nach Verfasser scheint die Erklärung von Mohr und seinen Anhängern am meisten Wahrscheinlichkeit zu haben. Diese behaupten, dass in semiariden Gebieten die Alkalien und Erdalkalien wenig ausgelaugt werden und geben mit den Humussäuren dunkel gefärbte Humate, welche in der Schwarzerde vorliegen, aber in der Roterde, mangels an Alkalien nicht vorkommen können. Immerhin scheint mir diese Erklärung nicht genügend zu sein, denn die freien Humussäuren sind ja auch dunkel gefärbt. Hier müssen also weitere Abbauprodukte der Humussäuren in den Roterden gebildet sein, welche die rote Farbe des Eisenoxidmonohydrats nicht decken können. Im Falle der Schwarzerde kann das Eisenoxidhydrat natürlich mit mehr Wassermolekülen als schmutzig braun vorkommen und mit den schwarzen Humaten ganz gedeckt werden. Es wäre eine schöne Aufgabe für einen Humusforscher die Verschiedenheit des Humus der beiden nebenanliegenden Bodentypen zu studieren. Auch ist es fraglich, ob das Eisen in freien Oxidhydraten oder in Verbindung mit Kieselsäure, bzw. mit organischer Substanz im schwarzen Boden vorliegt. Hier sollte also wieder einmal

die Zusammenarbeit solcher Bodenlaboratorien nützlich sein, welche sich mit diesen speziellen Erscheinungen näher beschäftigten. Zunächst müssen aber die einheimischen Bodenforscher Indiens, die an Ort und Stelle die Bodenbildungsverhältnisse durchforschen können, die besten Representanten der zwei Bodentypen, nach ihrer Art und Weise gut auswehlen und möglichst ausführlich mit analytischen Angaben charakterisieren. Das können Bodenforscher, die den Boden nur aus dem Laboratorium kennen, nicht tun. Die Zusammenarbeit der fremden Laboratorien dürfte nur dazu dienen, dass jene Untersuchungen, welche spezielle Methoden verlangen, die originalen einheimischen Bestimmungen gewisser Massen nützlich ergänzen.

Die Abhandlung von Desai ist so kurz gefasst, dass sie überhaupt keine analytischen Angaben enthält. Aus dem, was er sagt, scheint es, dass in der Tonfraktion die Si/R, Si/Al und Si/Fe Verhältniszahlen in beiden Typen bestimmt wurden und in den Roterden etwas kleiner ausfielen, woraus auf eine anfängliche Auslaugung der SiO_2 vermutet werden kann, dagegen die Werte Al/Fe sich kaum änderten. Allein wir wissen nichts über die Grösse dieser Relativzahlen und können auch nicht beurteilen, ob es sich hier um eine Lateritisierung handelt, oder um Roterdebildung. Ich denke, dass die nähere chemische Erforschung dieser Interessanten Bodentypen der tropischen und Subtropischen Gegenden viel Lehrreiches für die Bodenwissenschaft und wertvolles für die Praxis ergeben könnte.

Zur Diskussion ergreift das Wort

Hissink: und stellt an Prof. Kubiena die Frage, was das Bindemittel in jenen Fällen sein kann, bei denen der trockene Boden in Wasser sehr schnell zerfällt. Bei den holländischen Tonböden müssen es die Gele von SiO_2 , Al_2O_3 und Fe_2O_3 — vielleicht auch CaCO_3 (möglicher Weise spielt auch der Humus eine Rolle) — sein, welche die Masse binden; diese Böden fallen jedoch — nach dem Austrocknen — nicht im Wasser auseinander. Es gibt nun auch Böden in Holland, ziemlich leichte Böden, welche in trockenem Zustande sehr hart sind, das Wasser sehr schnell aufsuagen und dann ganz zerfallen. Er möchte nun von Prof. Kubiena wissen, was in diesem Falle das Bindungsmittel ist; er ist gerne bereit Prof. Kubiena Proben zugehen zu lassen.

Ostendorff: Bei der Exkursion am 28. Juli durch die Forstböden Finnlands war festzustellen, dass, wie auch immer der Chemismus laut Untersuchungen von Herrn Aaltonen war, die festgestellten Forstklassen, die sich nach Wachstum und Anbaumöglichkeiten richteten, sich am gebotenen morphologischen Bild immer unterscheiden liessen.

Teilweise war Schichtung, einmal wasserhaltiger Untergrund, ein andermal war wasserfreier Gerölluntergrund bei sonst gleichem Profil, die verschiedenen Wuchs aufweisen und somit auch verschiedene Klassifikation gerechtfertigen. Teilweise war aber der Typ des Bodens die Ursache verschiedenen Wuchses. Der "Podzol" war einmal ein rostfarbener, ein andermal ein gebleichter brauner Waldboden. Die geringe Anreicherung von Al_2O_3 und Fe_2O_3 in tieferen Schichten bei den braunen Waldböden, die auch bei Ortsteinböden anzutreffen ist, ist nicht ausschlaggebend, wohl aber die morphologisch ins Auge tretende Ausbildung, Anordnung und deren Stellung.

Kruminš: Möchte einige Einwendungen gegen den Satz des Herrn Prof. Aaltonen machen, dass die jungen Böden im allgemeinen saurer sind als die alten. Die Azidität hängt vom Muttergestein und von der Richtung der Bodenbildung ab. Z. B. ist der junge Boden von einem karbonathaltigen Muttergestein weniger sauer, als der ältere, u. zw. bis zu einem gewissen Grad der Entwicklung. Nach der Erreichung dieses maximalen Auswaschungsgrades und wenn der zeolitische Komplex in die Tiefe gewaschen ist, so, dass der obere Horizont hauptsächlich Quarz enthält, kann der Boden in der weiteren Entwicklung etwas weniger versauern. Der Satz von Prof. Aaltonen mag für die Bröckeltone in Finnland richtig sein, die anfangs sauer sind, aber später, nach der Auswaschung der Aluminiumsulphate, weniger sauer sein können.

Greene: Speaking with reference to the paper of Dr Desai and the remarks made by Dr Crowther, said that although acid soils of the red loam type and grey heavy alkaline calcareous soils may be found in closely adjacent sites this should not be regarded as a necessary and typical feature of their occurrence. The characteristic features of these tropical soils are more easily understood where differences in respect to topographical situation are more marked. For example, soils of the humid red loam type may be found on a mountain slope with pH-values ranging from 4 to 5 at 2,000 meters to pH 6—7 at about 1,000 meters. All these soils are rich in organic carbon but the surface layer is brown at 2,000 meters and is grey and deeper at 1,000 meters. None contain calcium carbonate. The fine material from high land may be carried on to wide plains where the climate is arid or semi-arid for a part of the year. Here occur grey, alkaline calcareous clays with pH 8—9 and having a much higher proportion of SiO_2 in the clay fraction. These soils may lie at a distance of 25—50 kilometers from the series of red loam soils. Red acid soils and grey alkaline soils may also occur more or less side by side where differences in topographical situation are less

marked but are nevertheless sufficient to determine the characters of the soils. On the other hand it is necessary to note that small differences in topographical situation do not always have so far reaching an effect. For example there may be areas in which the soil colour is for the most part red but have in low lying places a grey discoloration and on the other hand there are areas where the soil colour is for the most part grey but has a reddish tinge in slightly elevated situations. In such cases, differences in soil colour do not correspond to the larger differences in other soil properties (pH, organic C-content, silica sesquioxide ratio of the clay fraction, physical properties, etc.) which are to be found elsewhere and it would, of course, be a mistake to expect in such regions representatives of the more extreme types of soil formation. The main point perhaps is that topography is an extremely valuable guide in the study of tropical soils but attention should also be paid to circumstances such as low rainfall or heaviness of parent material which retard the soil forming processes.

Hardon: Vor einigen Jahren hatte ich schwarze und rote Böden untersucht, die dieselbe mechanische Zusammensetzung und den selben Humusgehalt hatten aber ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften ganz verschieden waren. Die Schwellbarkeit des schwarzen Bodens war das doppelte des roten Bodens und die Adsorptionskapazität des schwarzen Bodens ziegte ungefähr die fünffache des roten. Röntgenographische Untersuchungen, welche in diesen Sommer durch Dr. Faveju und mir ausgeführt wurden, erwiesen vorläufig, dass der Ton des roten Bodens das Röntgenogramm von Kaolinit, während des schwarzen Bodens das des Montmorillonit ganz ähnlich ist. Wir hoffen diese Untersuchungen weiterführen zu können und zu verfolgen ob sich unsere Vermutung bestätigen lässt, dass die alkalische Verwitterung in den Tropen zu Montmorillonit und die saure lateritische Verwitterung zu kaolinitischen Produkt führt.

Giesecke: Nach dieser verhältnismässig eingehenden Aussprache ergibt sich die Notwendigkeit einer eingehenden Zusammenarbeit nach dem Vorschlage von unseren Kollegen v. Sigmond. Es würde erreicht werden können, dass auch die verschiedenen Auffassungen bezüglich des Wertes und der Art der Bodenkartierung dann sehr schnell geklärt werden. Diese geplante internationale Zusammenarbeit würde auch der Bodenmorphologie und der regionalen Bodenkunde wertvolle Unterlagen geben.

Laatsch: Wenn man feststellen will, ob sich in einem Boden bereits Podsolierungsvorgänge abgespielt haben, so genügt es nicht immer die Menge der mit einem konventionellen Lösungsmittel ge-

wonnenen Sesquioxyde des Oberbodens mit derjenigen des Unterbodens zu vergleichen. Auch in einem echten braunen Waldboden, der frei von jeder Podsolierung ist, kann im Unterboden weit mehr freies Eisenoxydhydrat als im Oberboden vorhanden sein, weil die Umwandlung von Primärmineralien in Tonmineralien im Unterboden häufig ein grösseres Ausmass als im Oberboden erreicht hat. Bei diesem Verwitterungsvorgang wird Eisenoxydhydrat am Orte der Abspaltung abgeschieden und somit angereichert. Nach einem Vorschlag von Geering ist es deshalb zweckmässig, etwaige Podsolierung durch die Bestimmung der Gesamtmenge von SiO_2 und R_2O_3 in der Kolloidfraktion ($<1\mu$) des Ober- und Unterbodens zu ermitteln.

Dividiert man den Quotienten $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ des Oberbodens durch denjenigen des Unterbodens, so erhält man die Profilekarakterzahl nach Geering. In einem echten braunen Waldboden ist diese Zahl annähernd gleich 1,0, in einem podsolierten Boden dagegen wesentlich grösser. Auch die Bestimmung des equiionischen Punktes des Ober- und Unterbodenmaterials nach Mattson gestattet den Nachweis etwaiger Podsolierung.

Vorsitzender: Dankt den Referenten wie den Diskussionsmitgliedern für ihre wertvolle Mitarbeit und erteilt das Wort Dr Crowther und Dr Barbier.

E. M. CROWTHER, *Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England.*

THE DETERMINATION OF SILICON, IRON AND ALUMINIUM IN SOILS.

The standard methods of mineral analysis described in many well-known text-books are necessarily somewhat laborious. Although it is essential to use these methods in critical investigations, more rapid approximate methods are often needed in soil laboratories. Thus aluminium is often determined by subtracting from the mixed oxides the amounts of oxides of iron and titanium. In view of the small atomic weight of aluminium, this may easily lead to substantial errors in the molecular $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ ratios if, as sometimes happens, appreciable amounts of phosphoric acid and other substances are overlooked in the mixed oxide precipitates. Clay fractions are known in which several per cent of P_2O_5 may be present.

It would seem that for general soil work it might be advantageous to determine aluminium directly instead of by difference. One such method which appears very promising was developed at Rothamsted

by Dr. S. P. Aiyar. It depends on the use of 8-hydroxy quinoline after the previous removal of disturbing elements. After the removal of silica, titanium is precipitated by selenious acid, iron by potassium ferrocyanide and excess ferrocyanide by quinoline. These three precipitations are performed on a single lot of solution which is then made up to a standard volume and filtered. Quantitative filtrations and washing are thus avoided. To an aliquot of the filtrate 8-hydroxy quinoline is added, the solution is heated to the boiling point, and ammonium acetate added to precipitate the aluminium salt which is filtered off, dried and weighed.

For the approximate analysis of clay fractions and various soil extracts it would appear useful to investigate the value of colorimetric methods for Si, Al, Fe.

Total analyses carried out in very great detail are needed in critical mineralogical work, and they have been used extensively both for soils and soil colloids by the U. S. D. A. Bureau of Chemistry and Soils. In the Soil Tour of America in 1927 and in his "Atlas of American Soils" C. R. Marbut made great use of total analyses of soil samples from successive horizons of profiles; J. B. Harrison attached great importance to such analyses on a large number of thin horizons in single profiles in his studies of lateritic soils. Most other workers have preferred to work on either extracts or mechanical fractions. The van Bemmelen-Hissink method and various alternatives have been widely employed in parts of Europe but not much in Great Britain or America. They suffer from the grave defect that it is not possible to distinguish between fresh and highly weathered materials in the soils. In the relatively unweathered glacial deposits of Scandinavia O. Tamm has found a much weaker reagent — acid ammonium oxalate — to be useful in studying the initial stages of soil formation. Clearly a hot strong acid could not differentiate the small amount of weathering and soil products from the feldspars in the skeletal mass. E. Truog has devised a very promising method of distinguishing amorphous silica and iron oxides from crystalline aluminosilicates and related materials by using sodium sulphide and oxalic acid repeatedly in the pH range 6 to 7. F. Hardy proposed a method of determining iron and aluminium hydroxides by the change in alizarin adsorption on ignition. It is likely that modern X-ray work will provide a more critical test of such chemical fractionation methods and that those which survive the test will be used much more widely in the future.

In some groups of soils and weathering conditions the clay fraction of the soil may be regarded provisionally as the weathering complex,

and in any event the elimination of the coarse fractions before analysis removes a large bulk of material which is generally inactive. Differentiation of materials in soil horizons can often be demonstrated by clay analyses when total soil analyses would fail. There appear to be at least two classes of soils in which it is not safe to identify the clay fraction with the weathering complex. Thus, in lateritic soils the products may take the form of relative coarse concretions which must either be analysed separately or included in a total soil analysis. Again, where the parent rock contains very finely comminuted minerals as on the glacial deposits of Scandinavia, the clay fraction may contain a wide variety of relatively unweathered materials.

For the convenient numerical characterisation of clays it is customary to give the molecular ratio of silica to alumina or to sesquioxides. The old controversy on the relative value of $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ ratios need not be prolonged, for it is clear that the data must be quoted in such a way as to allow both of these ratios and in consequence the $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio to be seen. It may be noted parenthetically that it would have been more convenient to use the $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2$ and the $\text{R}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2$ ratios instead of their reciprocals, since the $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2$ and $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio would then have been obtained by simple subtractions and not as now by working through differences of reciprocals.

The work of the Bureau of Chemistry and Soils and of British workers, as shown e.g. in the Guide Book for the 1935 Soil Tour and in many papers on tropical soils, has demonstrated the value of clay analyses in the interpretation of soil forming processes and the correlation of soil types. The outstanding results are the large variations in the $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ ratios down the podzolised soil profile, the small variations in chernozem and related soils, and the low values in lateritic soils.

Recent work on the isomorphous replacement of e.g. Al for Si and Mg for Al in the crystal lattices of clay minerals have led some workers such as C. E. Marshall to dispute the general value of $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ ratios in clay fractions, but empirically it appears that such replacements occur only within well-defined limits. Their practical value in classification has definitely been established, and, in addition, broad relationships have been found between the actual values and both geological and climatic factors.

It seems likely that further work on isomorphous replacement in relation to crystal structure may ultimately provide an interpretation for many of the characteristic properties of clays. G. Nagelschmidt has shown that some of the principal clay minerals can

be related to better known minerals from which they are distinguished by giving much poorer X-ray diffraction diagrams. The very poorness of the diagrams and the characteristic colloidal properties may depend on disturbances in the lattice resulting from isomorphous replacement. For some of the beidellites he has shown by recalculating to the anhydrous formula $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{11}$ and allowing for replacements of Si by Al and Al by Fe and Mg that the excess positive charges so introduced were equal to the the excess cations remaining, and also, what is far more important, to the charge or base exchange capacity as estimated by a new method due to R. K. Schofield. Extension of this work in conjunction with X-ray analyses may clear up many obscure points in the constitution and behaviour of clay.

Until positive evidence is forthcoming it will be wise to assume that all clay fractions, and especially such coarse ones as the $2\ \mu$ fraction of the International Scale of Mechanical Analysis, are mixtures liable to contain quartz, mica, goethite and other crystalline minerals as well as hydrated amorphous oxides. It is of the utmost importance that any statement of molecular ratios or other forms of clay analyses should include the upper limit of diameter or settling velocity of the fraction and particulars of any method of purification. From one soil ("Insch") recently analysed at Rothamsted the SiO_2 :
 Al_2O_3 ratio of the clay fraction was 2.10 for a settling velocity of 10 cms. in 8 hours (i.e. the International "clay fraction"), 1.79 for 8.6 cms. in 24 hours and 1.07 for 8.6 cms. in 10 days.

G. BARBIER. *Station Centrale d'Agronomie, Versailles.*

L'OXYDE FERRIQUE DANS LES COLLOIDES ARGILEUX DES SOLS.

De nombreux auteurs ont étudié les conditions du passage en solution et de la floculation de composés ferriques colloïdaux dans la phase liquide des sols. Stremme (1), Aarnio (2), Reifenberg (3), ont montré que l'hydroxyde ferrique peut se maintenir en solution dans les sols grâce à la présence de colloïdes protecteurs, entre autres les acides humiques et la silice. Les sels ferriques peuvent également former des complexes pseudosolubles en présence des anions phosphorique, humique, silicique (Mattson, 4, Demolon et Bastisse, 5). Cependant, on s'est moins occupé jusqu'ici des réactions possibles entre ces divers composés ferriques et les particules solides de terre, entre autres les argiles, qui ont la faculté de fixer énergiquement l'hydroxyde ferrique (Demolon, 6). J'ai étudié les conditions et les modalités

de ce dernier phénomène (7), qui intéresse le pédologue à divers points de vue: outre la question de la migration du fer, il y a lieu de tenir compte, dans l'interprétation des analyses d'argiles en vue de leur identification minéralogique, de la présence possible d'enduits surajoutés aux particules phylliteuses préformées.

I — *Cas d'hydroxyde ferrique électropositif.*

Si l'on ajoute à une suspension d'argile une quantité croissante d'un hydrosol d'hydroxyde ferrique, préparé selon la méthode classique (précipitation de FeCl_3 par NH_4OH , lavages, peptisation par HCl , puis dialyse), on constate que l'argile fixe d'abord la totalité du fer introduit. Au delà d'une certaine quantité d'hydrosol ferrique ajoutée, il y a au contraire partage du fer entre l'argile et le liquide. Les diagrammes représentant le taux de Fe_2O_3 fixé pour cent d'argile, en fonction de la quantité de Fe_2O_3 introduite, se composent de deux portions de droite raccordées par un point anguleux, délimitant la zone de fixation totale et la zone de partage.

1° *Hydrosol ferrique brièvement dialysé (pH = 3.7).*

Fe_2O_3 introduit % d'argile	7.75	10.85	15.4	34.8
Fe_2O_3 fixé % d'argile	7.75	10.85	10.3	7.8

2° *Hydrosol ferrique longuement dialysé (pH = 5.9).*

Fe_2O_3 introduit % d'argile	12.1	17.4	30.0	64.0
Fe_2O_3 fixé % d'argile	12.1	13.1	15.1	18.0

On observe en outre les phénomènes caractéristiques de l'action réciproque de deux colloïdes de signe contraire, en l'espèce l'argile électronégative et l'hydroxyde ferrique électropositif. Il se produit une floculation mutuelle et totale des deux colloïdes pour une proportion définie d'hydroxyde ferrique et d'argile, correspondant au point anguleux. Au contraire, le mélange est stable s'il renferme un excès relatif suffisant de l'un ou de l'autre des composants. Par addition d'un excès croissant d'hydrosol ferrique, on constate une redispersion progressive de l'argile, en même temps que le liquide se colore en rouge. Aarnio a constaté des phénomènes tout à fait analogues en étudiant la floculation des acides humiques par l'hydroxyde ferrique (2).

En soumettant à l'électrophorèse les diverses suspensions obtenues, on constate que l'argile subit un changement de signe au point anguleux signalé ci-dessus. L'argile redispersée par un excès d'hydrosol ferrique est nettement électropositive même après séparation de

l'hydrosol en excès. Elle est alors flocculable par NaOH et dispersable par HCl.

J'ai constaté par ailleurs que si l'on reprend par l'eau l'argile ayant fixé de l'oxyde ferrique, il ne passe pas trace de fer en solution. La fixation de l'oxyde ferrique est donc complètement irréversible dans les conditions observées. Cette très grande solidité des combinaisons formées rend compte d'un fait que l'on observe souvent dans l'étude de profils de limons du Nord de la France. Certains de ces limons, décalcariifiés, mais non acides, présentent un horizon d'accumulation nettement enrichi en argile, mais ne contenant aucune concrétion ferrugineuse, ni traînée ou plage ocreuse. L'analyse des eaux de drainage de l'un de ces limons, après élimination de l'argile en suspension, n'a pas révélé la présence de fer dissous, ni sous forme ionique, ni sous forme colloïdale. D'autre part, la teneur en fer des divers horizons varie parallèlement à leur teneur en argile. Par conséquent, la migration du fer, pour de tels sols, est due essentiellement à la migration de l'argile.

Au point de vue quantitatif, la fixation de l'hydroxyde ferrique par l'argile dépend dans une large mesure de toutes les conditions susceptibles de modifier l'état micellaire des deux colloïdes envisagés, et surtout du degré de dispersion de l'argile. Le taux de Fe_2O_3 fixé pour cent d'argile au point anguleux a varié de 1.8 à 15.2 selon le degré de dispersion de l'argile, la grosseur des granules de l'hydroxyde ferrique et le pH du milieu (de pH 3.2 à 5.9).

II — *Cas d'hydroxyde ferrique sous forme électronégative.*

Les hydrosols d'hydroxyde ferrique, très sensibles à l'action flocculante des électrolytes, ne peuvent se maintenir dans les solutions du sol qu'en présence de corps protecteurs (silice, acides humiques). Il est bien connu que, par addition d'une quantité suffisante de silice colloïdale à un hydrosol d'hydroxyde ferrique, on obtient un hydrosol stable, résistant à la flocculation par les électrolytes. Les deux composants du mélange migrent alors à l'anode, la silice électronégative ayant communiqué son signe à l'hydroxyde ferrique. Des composés ferriques colloïdaux à migration anodique peuvent également être réalisés par mélange en proportion convenable de solutions d'un sel ferrique et d'un phosphate, d'un silicate ou d'un humate alcalins, à un pH convenable (4, 5).

Ces composés ferriques complexes, réagissent avec l'argile d'une manière tout à fait différente de l'hydroxyde ferrique électropositif étudié plus haut; contrairement à ce qui a été constaté pour ce dernier, les réactions des complexes ferriques électronégatifs avec l'argile comportent toujours des équilibres entre solide et liquide. Un

hydrosol mixte silico-ferrique électronégatif, obtenu par mélange de silice colloïdale et d'hydrosol d'hydroxyde ferrique, ajouté à une suspension d'argile, ne provoque aucune flocculation de celle-ci, comme cela doit être pour deux colloïdes de même signe, et l'argile ne fixe que des traces de fer. Mais si l'on ajoute un sel, en quantité suffisante pour flocculer l'argile, on constate une fixation partielle par l'argile du fer introduit. Il se produit toujours dans ces conditions un partage du fer entre l'argile et le liquide, si petite que soit la quantité de fer introduite; en outre, le fer fixé est susceptible de repasser partiellement en solution par lavage à l'aide d'eau distillée ou d'une solution diluée d'un sel de calcium. Le taux de fixation de Fe_2O_3 augmente rapidement avec la concentration du sel dissous; il varie dans une large mesure selon la nature du cation échangeable, et décroît dans l'ordre $\text{Ca} > \text{K} > \text{Na}$. Le déplacement de la réaction du milieu vers l'alcalinité favorise le maintien de Fe_2O_3 en solution.

D'autre part, la fixation par l'argile de Fe_2O_3 de l'hydrosol silico-ferrique étudié s'accompagne toujours d'une fixation importante de SiO_2 . Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ fixés varie d'une manière continue selon les conditions de milieu (pH, concentration en sels, nature du cation échangeable). D'une façon générale, le rapport $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ fixés est d'autant plus petit que la fixation de chacun d'eux est plus petite.

L'argile des sols possède donc la faculté d'adsorber les complexes ferriques électronégatifs, sous forme d'enduits où Fe_2O_3 se trouve intimement associé à un composant anionique, SiO_2 en particulier. La présence d'enduits silico-ferrugineux revêtant les particules d'argile dans les sols en place se trouve expérimentalement confirmée par les faits suivants: dans le dosage de Fe_2O_3 dit "libre" par l'acide oxalique à froid, on constate une dissolution simultanée de Fe_2O_3 et de SiO_2 , en quantités du même ordre de grandeur. D'autre part, le traitement préalable du sol par une solution diluée de CO_3Na_2 , qui dissout un peu de SiO_2 , favorise l'attaque de l'oxyde de fer par l'acide oxalique, ou par l'acide sulfhydrique selon la méthode de Drosdoff et Truog (8); inversement, l'élimination préalable de Fe_2O_3 par H_2S favorise dans une très large mesure la dissolution de SiO_2 par une solution CO_3Na_2 . Par conséquent, la silice et l'oxyde ferrique se protègent mutuellement contre l'action de leurs dissolvants respectifs, ce qui démontre qu'ils se trouvent intimement associés. Au cours d'extractions successives par l'acide oxalique à froid, on constate que de la 1^{ère} à la 2^{ème} extraction, la quantité de Fe_2O_3 dissoute diminue notablement, tandis que SiO_2 augmente:

	Terre rouge		Sol lessivé sur limon des plateaux	
	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
1ère extraction	2.05	1.46	1.21	1.50
2ème extraction	0.47	1.79	0.46	1.68

Ces résultats confirment que les particules d'argile des sols ne sauraient être considérées comme constituées par une substance homogène; la majeure partie du fer des argiles étudiées se trouve concentrée dans la couche externe.

En dehors des hydrosols silico-ferriques, les complexes ferriphosphoriques donnent lieu à des phénomènes analogues aux précédents. Dans les sols de limon du Nord de la France, l'acide phosphorique se concentre dans les mêmes horizons que le fer (Joret et Malterre, 9).

Conclusions.

Les expériences décrites démontrent que la fixation de l'hydroxyde ferrique colloïdal par l'argile ne comporte un partage du fer entre phases solide et liquide que dans deux cas: 1° cas d'hydroxyde ferrique électropositif au contact d'argile ayant déjà fixé une quantité élevée d'hydroxyde ferrique, et devenue de ce fait électropositive; 2° cas d'hydroxyde ferrique sous forme électronégative au contact d'argile électronégative. Au contraire, l'hydroxyde ferrique électropositif au contact d'argile électronégative donne lieu à une fixation totale par l'argile du fer introduit. L'argile des sols étant normalement électronégative, il s'ensuit que l'hydroxyde ferrique ne peut migrer dans les sols en présence d'argile que sous forme électronégative.

Les complexes ferriques électronégatifs, en particulier les hydrosols silico-ferriques, peuvent être adsorbés à nouveau par l'argile dans les horizons d'accumulation, sous forme d'enduits dont le rapport silice/sesquioxides varie d'une manière continue selon les conditions de milieu. Il y aurait sans doute lieu de tenir compte de la présence de tels enduits dans l'interprétation des analyses d'argile.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) — H. STREMMER — Zentralblatt f. Min. Geolog. u. Paläont. p. 622, 632, 661—669, 1908.
- 2) — B. AAENIO — Int. Mitt. f. Bodenk. 3, p. 131—140, 1913.
- 3) — A. REIFENBERG — Zeits. f. Pfl. X, A, p. 159, 1937.
- 4) — S. MATTSO — Soil Sc., XXXI, p. 57, 1931.
- 5) — A. DEMOLON et E. BASTISSE — Ann. Agron. 1938, p. 6—33.
- 6) — A. DEMOLON — Thèse de Doctorat, Paris, 1926, p. 80.
- 7) — G. BARBIER — Bulletin de l'Assoc. Franç. pour l'Etude du Sol, 1936, 1, p. 283—287.

- 8) — DROSDOFF et TRUOG — Jnal. Am. Sty. Agr. 1935, 27, p. 312.
9) — JORET et MALTERRE — Bulletin de l'Ass. Franç. pour l'Etude du sol, 1,
N° 2, 23.
-

Vorsitzender: Dankt den Referenten wie den Diskussions-
teilnehmern für ihre wertvolle Mitarbeit und schliesst damit die
Sitzung.

MINUTES OF THE MEETING OF THE ALKALI-SUBCOM-
MISSION ON 29. JULY, 1938.

Chairman: Prof. Dr B. AARNIO.

Secretary: Dr FR. ZUCKER.

After opening the session the chairman asked for submission of the film on the reclamation of alkali soils in Hungary.

Z u c k e r: As it is known, in Hungary, an experiment was carried out to reclaim alkali soils of the solonetz type by simple liming in the course of 1928—33. The results of this great experimental work have shown a full success and the yields were increased 100—400 %. In view of this fact Prof. Arany and myself have been authorised by the Hungarian Ministry of Agriculture to photograph a film which shows the procedure of reclamation and its effect and which gives a further impulse to farmers to reclaim their lime-deficient alkali soils. However, alkali soils have been reclaimed in Hungary during more than 150 years already and we found it advisable to collect all the methods applied in the country because liming cannot be carried out everywhere and in some cases other methods may be more successful. I do, not wish to give an outline of the picture as it speaks for itself, I may remark only that it might have an interest to those who are working on this problem in other countries. As most alkali soil territories are found in English speaking countries or colonies, the explanations are not only in Hungarian but also in English language.

Now the film was shown and afterwards Dr Greene has thanked for the performance.

G r e e n e: gave than an outline on the soils in Sudan as follows:

H. GREENE.

Agricultural Research Institut, Wad Medani, Anglo Egyptian Sudan.

COLOUR PHOTOGRAPHS OF SOME TROPICAL SOILS.

Dr. H. Greene, who had been asked to act as reporter on Irrigation, stated that no papers on this subject had been received and he would accordingly take the opportunity of exhibiting colour trans-

parencies of some representative Sudan soils. The colours as shown were good but not exact and gave a fair impression of the appearance of the dry specimens. When moist, the upper gray layer of soils from the more humid districts was usually dark gray or black. Rather extensive analytical data had been obtained for these and for similar soils but the work was not yet complete and, at the moment, it seemed best to give an informal description of the 2 metre monoliths which had been photographed in colour.

Attention was first drawn to differences between alkaline soils of arid regions as represented by (a) the light coloured, yellowish, moderately alkaline, permeable, weakly saline deposit occurring in the inland delta of the river Gash (b) the dark gray, alluvial clay, salty and strongly alkaline, found at El Dueim on the White Nile and (c) the brown-gray, salty, strongly alkaline soil of the Gezira of which the profile characters have already been described. The native vegetation of these soils is short grass and thorn scrub.

A soil of more common occurrence is the dark gray, strongly alkaline, heavy, calcareous clay of low salt content transported by surface flow to depressions which for most of the year are arid. Such soils are topographically related to the strongly acid, acid and neutral red loams formed in situ on more or less elevated regions where the soil is always moist and has free or moderately free drainage. Two members of this wide catenary association were exhibited. Tall grass is the typical vegetation of the clay flats and rain forest that of the strongly acid red loams.

Reddish, weakly acid soils, containing small round iron concretions, are widely distributed in the Sudan and carry grass woodland vegetation. Four specimens were represented. A dense layer of such concretions is, in some cases, the result of soil movement by action of water and may then have no genetical relation to the overlying soil or the underlying weathered rock. It is a matter of practical interest to ascertain whether the layer lies sufficiently near the surface to hinder root growth of annual crops. Tree roots penetrate and sometimes break up these layers which are permeable to water. The mode of formation of these concretions requires further study. No difficulty attends their occurrence as minor constituents in those soils of the red loam series where drainage is somewhat impeded. Elsewhere they are found in greater quantity but presumably still as a normal product of soil formation. They occur also in association with a remarkable kind of rock weathering which leads to the formation of conspicuous cavities. It is conceivable that dissolution of silica and segregation of iron may, in some cases, be followed by vertical settling of the soil

mass leading to a closely packed but not impermeable bed of concretions.

An interesting specimen showed the vesicular subsoil structure developed where there is a fluctuating water table. The weakly acid soil is riddled with tubular cavities of about 4 mm diameter which are used by termites and are lined with pale gray material. The pale plastic soil mass becomes impregnated with iron. It is thought that slow elevation of the land surface leads to exposure and dessication of this subsoil material which hardens to form massive sheets of dark red, vesicular ironstone in which the termite channels are perfectly preserved. The view that such sheets are formed by upward movement and evaporation of solutions containing iron seems incorrect.

Mechanical breakdown of these soils is followed by redistribution of the finer materials and by renewed soil formation of which an early feature is local yellowed staining with iron oxides. The transported material is rather more acid (pH 5-6). When collected in slightly raised situations it is often pink and sometimes red whereas notably pale coloured soils are found in the lower situations. These also carry grass woodland vegetation.

In flat country further north considerable areas are inundated by rain and by flowing surface water sufficiently long to inhibit growth of trees but not long enough to develop swamp conditions. A vigorous vegetation of tall grass springs up and the region is used for grazing. In the dry season the water table falls to about 2 metres below the soil surface. The soils are moderately or weakly acid at the surface and sometimes moderately alkaline at 2 metres depth. Specimens shown included sandy and heavy clay types, all showing diffuse iron stain at a depth of 20-60 cms., a zone from which the grass roots presumably draw much water.

No discussion took place on either of the subjects above the participants discussed the matters in a conversation only.

Chairman: Thanked the reporters and closed the meeting.

PROTOKOLL DER SITZUNG DER II. KOMMISSION,
AM 30. JULI, 1938.

Vorsitzender Prof. Dr. J. HENDRICK.

Schriftleiter: Dr. F. ZUCKER.

Nach der Eröffnung der Sitzung und einigen einleitenden Worten des Vorsitzenden ergreift das Wort

Kivinen: Über die Moorböden Finnlands

(Verhandl. II. Komm. 1938, Teil A, p. 118—130).

An der Diskussion beteiligten sich Brüne, Schucht und der Vortragende.

Danach übernahm das Wort

Aarnio: Über die grosse bodenkundliche Exkursion in Finnland
30. VII—5. VIII. 1938.

Der Vortragende erläuterte das Programm der an demselben Abend anzutretenden 6-tägigen Exkursion in Wort und Bild.

Sodann fanden die Konferenzen der II. und V. Kommission einen gemeinsamen Abschluss. Von seiten der II. Kommission dankte der Vorsitzende, Prof. Hendrick, den Hauptreferanten für ihre sehr wertvolle Arbeit zugunsten des Erfolges der Konferenz, den Konferenzteilnehmern für ihr grosses Interesse gegenüber den behandelten Fragen. Gleichzeitig richtete der Vorsitzende Worte des Dankes an die finnischen Organisatoren der Konferenz und anderen Schriftführer.

Nachdem Prof. Stremme von seiten der V. Kommission gesprochen hatte, ergriffen ferner Prof. Schucht als Präsident der Gesellschaft sowie Ing. Camillo Crema das Wort.

Lady Russel dankte den Mitgliedern des Frauenausschusses, Frau Professor Aarnio und Frau Professor Tuorila, sowie Frau Doktor Kivinen denen sie, als Ausdruck der Dankbarkeit seitens der an der Konferenz teilgenommenen Damen ein Andenken überreichte. Seitens des Frauenausschusses antwortete auf die Ansprache Frau Professor Tuorila.

Zur Konferenz ist durch Post noch der folgende Artikel eingegangen:

B. N. SINGH, S. N. SINGH AND S. K. PILLAI, *Institute of Agricultural Research, Benares Hindu University.*

A STUDY OF THE LABORATORY METHODS AS A TEST OF SOIL FERTILITY.

Since the development of our conception that most of the members of the terrestrial plant society assimilate nitrogen in the form of nitrates, the problem of soil fertility has mainly occupied a student of soil science in exploring the availability of the nitrogenous compounds in the soil. By far the greater part of the soil nitrogen is ultimately derived from the decomposing organic materials as a result of widely differing yet essentially linked biological activities of the various groups of soil micro-organisms. These materials fall into two distinct groups, one the purely carbonaceous, constituted mainly of the carbohydrates, and the other, the nitrogenous, constituted mainly of the proteins, the former being used as a distinct source of energy for the microbes whereas the latter for the structural purposes.

For the decomposition of the organic matter, containing both the carbonaceous and the nitrogenous materials, by a mixed microbiological population, many criteria present themselves to an investigator for studying their physiological activities. The first one that offers itself is the evolution of carbon-di-oxide while the next rests upon the changes introduced in the nitrogen cycle of the soil, involving both ammonification as well as nitrification processes independently. All these phenomena fundamentally form a continuous chain of a number of reactions and the study of any of these may not furnish a picture of the many and the heterogenous organisms concerned.

Thus it has been the aim of this contribution to compare the various prevailing criteria as regards providing a good laboratory index of the fertility of the soil.

The aliquote samples of the sandy loam soil under experimentation were supplied with dry animal excreta collected from the Zoological gardens, and incubated at 29° C with a constant moisture content of 25 percent of the air-dry soil. The studies were confined to the measurement of the carbon-di-oxide evolution per hour on the one hand and the nitrogen changes on the other.

Carbon-di-oxide evolution: In all the treated sets there is a copious evolution of carbon-di-oxide during the first or the second day of incubation. Hereafter it falls and proceeds with a regular fluctuating tendency to culminate in a rise towards the close of the

experimentation which seldom approaches that exhibited at the start of the incubation. The changes in the carbon-di-oxide evolution may be attributed to the difference in the activity of the various groups of the mixed flora in decomposing various proportions of energy materials at a particular period of incubation. The initial rise may also be in accordance with the intensified microbial activity in bringing the wide C/N ratio which appears to have resulted from the excess of carbohydrates added in the form of excreta, down to the ordinary level.

Nitrogen changes: In the majority of the treatments ammonification which represents the absolute amount of organic nitrogen undergone mobilization, is absent. The quantity of organic nitrogen which is fairly high even before incubation shows a further rise till the close of the experimental period; whereas the nitric nitrogen exhibits in almost all cases a fall.

The various groups of the mixed flora have a sequence of activities, and it appears that the activity of the pure carbohydrate decomposing organisms alone are manifested in this series, there being an absence of both ammonification and nitrification. But it seems equally significant to realize that there has been the production of ammonia which has simultaneously been oxidised to nitrates, which partially along with those initially present in the soil, were used up in the building up to the microbial protein. These changes ultimately result in an increase in the organic nitrogen and a decrease in the nitric nitrogen content of the soil.

It appears that the soil needs a level of organic nitrogen which if not present, it tends to build up partially through immobilization of nitrates. The importance of this cycle in nature in the conservation of the fertility of the soil is great in that the excess of nitrates will be conserved in the soil as organic nitrogenous compounds by the microbes, liberating them in the form of nitrates through ammonification and nitrification when their level falls in the soil.

It may thus be summed up that there is a rhythm in the rate of evolution of carbon-di-oxide and that this is not synonymous with the metabolic activities concerned in the production of ammonia and nitrates. The carbon-di-oxide evolution begins with a rise followed by a fall while there is apparently no ammonification, a gradual depletion of nitrates and a continuous accumulation of organic nitrogen.

There does not appear to be a close relationship between the two sets of activities, and it seems of necessity that while dealing with the fundamental chemical aspects of soil fertility, the two absolutely

interdependent processes, viz., the assimilation of the carbonaceous materials by the microbes on the one hand and the accompanying nitrogen changes on the other, be together taken into consideration. However, on the basis of certain resemblance existing between the carbon-di-oxide evolution and the absolute amount of nitrates at a particular period of incubation, the former may be taken as an indication of the fertility level of nitrogen in the soil.

CONTENTS — TABLE DES MATIERES — INHALTSVERZEICHNIS

Programm der Konferenz der II. Kommission der internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft in Helsinki, vom 26.—30. VII. 1938	3
Teilnehmerverzeichnis	5
Protokoll der Sitzung der II. Kommission am 26. Juli, 1938	9
HISSINK, D. J. Bodenazidität und Bodenadsorption	9
Diskussion	17
Minutes of the Meeting of the II. Commission on 27. July 1938	23
GIESECKE, F. Bestimmung des Nährstoffzustandes des Bodens mittels chemischer Laboratoriumsmethoden	23
Discussion	28
TRÉNEL, M. Über die biologische Bedeutung der Spurenelemente	32
Discussion	54
Protokoll der Sitzung der Alkali-Subkommission am 27. Juli, 1938	57
VON 'SIGMOND, A. A. J. Über die Alkalibödenklassifikation	57
Diskussion	65
Minutes of the Meeting of the II. Commission on 28. July 1938	68
PALLMANN, H. Neuere Methoden zur Bestimmung der organischen Substanz im Boden	68
Discussion	69
JACOB, A. Der chemische Charakter und die Bedeutung der Tonfraktion ..	73
Discussion	87
Protokoll der Sitzung der II. Kommission am 29. Juli, 1938	90
VON 'SIGMOND, A. A. J. Über die chemische Charakterisierung der Böden ..	90
Diskussion	94
CROWTHER, E. M. The Determination of Silicon, Iron and Aluminium in Soils	97
BARBIER, G. L'Oxyde Ferrique dans les Colloides Argileux des Sols	100
Minutes of the Meeting of the Alkali-Subcommission on 29. July 1938	106
ZUCKER, F. The Reclamation of Alkali Soils in Hungary	106
GREENE, H. Colour Photographs of some Tropical Soils	106
Protokoll der Sitzung der II. Kommission, am 30. Juli, 1938.	109
KIVINEN, E. Über die Moore Finnlands	109
AARNIO, B. Über die grosse bodenkundliche Exkursion in Finnland	109
SINGH, B. N., SINGH, S. N. and PILLAI, S. K. A Study of the Laboratory Methods as a Test of Soil Fertility	110
