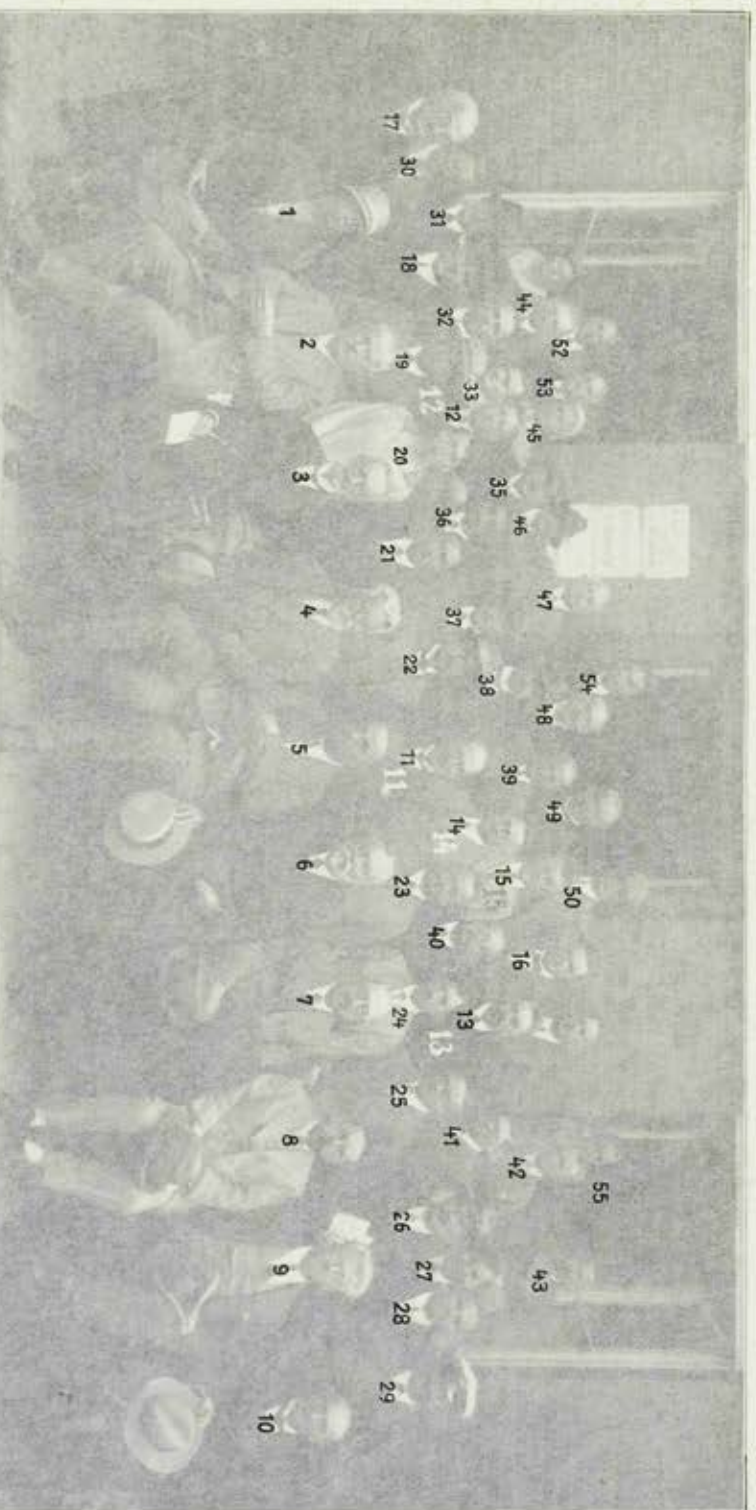


DIE TEILNEHMER DER KONFERENZ



Photo A. KÜHLEWINDT

DIE THEILNEHMER DER KONFERENZ



1. Prof. von Wrangell-Hohenheim, 2. Prof. Zielstorff-Königsberg, 3. Prof. Saidel-Bukarest, 4. Prof. Varilow-Moskau, 5. Prof. Mitscherlich-Königsberg, 6. Prof. Pranschnikow-Moskau, 7. Prof. Lipman-New Brunswick (U.S.A.), 8. Prof. Ballenogger-Budapest, 9. Prof. Kravkov-Leningrad, 10. Prof. Densch-Landsberg a. W., 11. Prof. Hendrick-Aberteun, 12. Dr. Crowther-Rothamsted, 13. Prof. Lowshin-Kiew, 14. Prof. Kyas-Brinn, 15. Prof. Tulaikow-Saratow, 16. Prof. Sundelin-Stockholm, 17. Prof. Celichowski-Posnan, 18. Dr. Rybak-Berlin, 19. Dr. O. Frank-Stockholm, 20. Dr. Karlowaska-Posnan, 21. Dr. Urakami-Japan, 22. Dr. Roessler-Berlin, 23. Prof. Wiessmann-Rostock, 24. Prof. Ruppel-Göttingen, 25. Dr. Lehmann-Jena, 26. Prof. Sisest-Bukarest, 27. Dr. Arrhenius-Stockholm, 28. Dr. Behrens-Königsberg, 29. Dr. Tenet-Berlin, 30. Dr. Dehning-Königsberg, 31. Ing. agr. Baron Rapp-Wassmolese, 32. Dr. Konold-Danzig, 33. Dr. Gehrmann-Königsberg, 35. Dr. Rackmann-Limbürger Hof, 36. Dr. Krums-Riga, 37. Dr. Bamberg-Riga, 38. Dr. Smalakov-Berlin, 39. Dr. Vanicek-Prag, 40. Dr. Soucek-Prag, 41. Dr. Sauerlandt-Danzig, 42. Dr. Torstensson-Kuifsta, 43. Dr. Eschenhagen-Stettin, 44. Dr. Davies-Rothamsted, 45. Dr. Mc Belgrave-Kuala-Lumpur, 46. Dr. Roos-Königsberg, 47. Dr. Möller-Königsberg, 48. Prof. Foedisch-Königsberg, 49. Prof. Gov-Königsberg, 50. Dr. Alkold-Königsberg, 52. Dr. For-Königsberg, 53. Dr. Wagner-Oppau, 54. Dr. Nehring-Königsberg, 55. Dr. Papendick-Königsberg.

PRO 2
29 03

INTERNATIONALE GESELLSCHAFT FÜR
BODENKUNDE
INTERNATIONAL SOCIETY
OF SOIL SCIENCE
ASSOCIATION INTERNATIONALE
DE LA SCIENCE DU SOL

VERHANDLUNGEN DER
IV. KOMMISSION
TRANSACTIONS OF THE
IV. COMMISSION
COMPTES RENDUS DE LA
IV. COMMISSION

KÖNIGSBERG, VOM 15. BIS 20. JULI 1929

IM AUFTRAGE VON PROF. DR. E. MITSCHERLICH

HERAUSGEGEBEN VON:

EDITED BY:

RÉDIGÉ PAR:

DR. M. TRÉNEL

BERLIN, JANUAR 1930

ISN 1063

THE
JOURNAL
OF
THE
AMERICAN
MEDICAL
ASSOCIATION
PUBLISHED WEEKLY
CHICAGO, ILL.
1917

1917

VORWORT

Auf Wunsch der ausländischen Autoren sind die deutschsprachigen Referate und Diskussionsbeiträge überarbeitet worden; doch war der Herausgeber dabei bemüht, trotz notwendiger Korrekturen die sprachlichen Eigenarten der Referate zu erhalten.

Die Diskussionsbeiträge sind teils nach dem Stenogramm teils nach den Autoreferaten zusammengestellt worden.

PREFACE

By request of the foreign authors the papers and the discussions read in German have been looked through, the editor attempting to preserve the peculiarities of expression in spite of the necessary alterations. The contributions to the discussion have been based partly on the stenographs partly on the papers themselves.

PRÉFACE

Les contributions en allemand ont été rédigées parce que les auteurs étrangers l'ont désiré. Malgré les changements nécessaires l'éditeur s'est efforcé à conserver les caractéristiques de la diction.

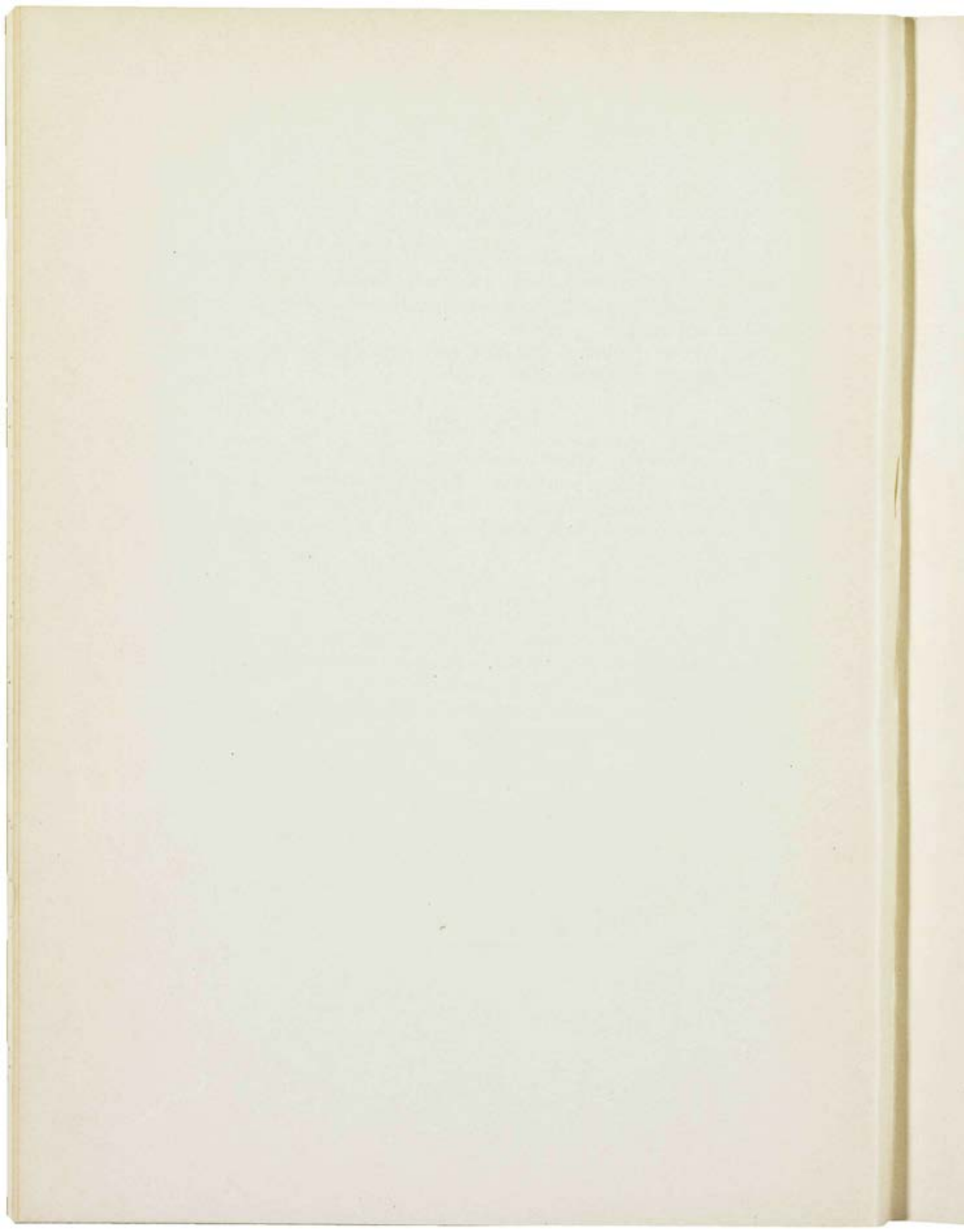
Les contributions ont été composées, en partie selon le sténogramme, en partie selon les discours des auteurs.

Berlin, im Dezember 1929

Preuß. Geolog. Landesanstalt

DR. M. TRÉNEL

Sekretär der IV. Kommission
der Internationalen Bodenkdl. Ges.



INHALT

	Seite
Wissenschaftliche Tagesordnung	6
Teilnehmerliste	9
Punkt I: Die Bestimmung des Nährstoffbedarfs auf pflanzenphysiologischen Wege.	
Einleitung: A. RIPPEL-Göttingen: Die Bestimmung des Nährstoffbedarfs der Pflanze	14
Diskussion	19
KYAS-Brünn: Der exakte Feldversuch	24
Diskussion	40
E. MITSCHERLICH-Königsberg: Der Gefäßversuch nach MITSCHERLICH	44
KIRSANOFF-Leningrad: Das Wesen und kritische Betrachtung der MITSCHERLICH-Theorie und ihre praktische Anwendung	115
SOUCEK-Prag: Ein Versuch über den Wirkungswert der Nährstoffe in verschiedenen tiefen Bodenschichten	46
Diskussion	48
H. WIESSMANN-Rostock: Die Bestimmung des Nährstoffgehalts der Böden	49
Diskussion	55
M. GRACANIN-Zagreb: Beiträge zur Kenntnis der NEUBAUER'schen Keimpflanzenmethode zur Bestimmung des wurzellöslichen Nährstoffvorrates in Böden	56
Diskussion	57
VON WRANGELL-Hohenheim: Über eine eigene Methode zur Bestimmung der Düngerbedürftigkeit des Bodens	60
Diskussion	
O. ARRHENIUS-Stockholm: Chemische Betriebskontrolle in der Landwirtschaft	73
Diskussion	82
Punkt II: Die Bestimmung des Kalkbedürfnisses des Bodens durch pflanzenphysiologische Versuche. Es lagen keine Referate vor.	
Punkt III: Bodenreaktion und Pflanzenertrag.	
GOY-Königsberg: Über Bodengruppen und deren quantitative Beziehungen zum Versagen der besseren Pflanzen usw.	83
Diskussion	92
Punkt IV: Bodenreaktion und Nährstoffaufnahme der Pflanzen.	
NEHRING-Königsberg: Der Einfluß der Bodenreaktion auf die Aufnahme und Verwertung der verschiedenen Stickstoffverbindungen	97
Diskussion	102
PRIANISCHNIKOW-Moskau: Über den Einfluß der pH auf das Pflanzenwachstum	106
Diskussion	111
Punkt V: Bodenreaktion und Pflanzenschädlinge. Es lagen keine Referate vor.	
Punkt VI: Einfluß der Bodenbearbeitung auf den Pflanzenertrag.	
TORSTENSSON-Knifsta: Über den Einfluß der Bodenbedeckung	121
Literatur	132
Diskussion	133
TJULIN-Perm: Die Bestimmung der Porosität und Krümelstruktur des Bodens usw.	135
Aussprache über internationale Zusammenarbeit	139
YARILOFF-Rußland: Mitteilungen über den Bodenkundlichen Kongreß 1930	141
Schlußwort von Prof. Dr. SAIDEL-Rumänien	144
SUMMARY	146
RESUMÉ	149

CONTENTS

	page
Programm of the scientific meetings	7
Registration List	9
Point I: The determination of the manurial requirement of the soil by means of plant physiology.	
Introduction: A. RIPPEL-Göttingen: The estimation of nutrient requirement of the plant	14
Discussion	19
KYAS-Brünn: The accurate field experiment	24
Discussion	40
E. MITSCHERLICH-Königsberg: My own pot experiments	44
KIRSANOFF-Leningrad: The nature of the MITSCHERLICH-Theory and its employment in practice	115
SOUCEK-Prag: Experiments on the effectiveness of the nutrients in soil horizons of different deepness	46
Discussion	48
H. WIESSMANN-Rostock: The estimation of the nutrients in soils by means of the pot experiment according to WIESSMANN	49
Discussion	55
M. GRACANIN-Zagreb: Contributions concerning the NEUBAUER-Method for the estimation of the available nutrients in soils	56
Discussion	57
VON WRANGELL-Hohenheim: My own method for the determination of the manurial requirement of the soil	60
Discussion	68
O. ARRHENIUS-Stockholm: The chemical control in agriculture	73
Discussion	82
With reference to Point II papers had not been announced.	
Point III: Soil reaction and yield of the crop.	
GOY-Königsberg: Soil species and their quantitative relations to the failure of the better plants	83
Discussion	92
Point IV: Soil reaction and absorption of nutrients by plants.	
NEHRING-Königsberg: The influence of the Soil reaction on the absorption and utilisation of the various nitrogen compounds	97
Discussion	103
PRIANISCHNIKOW-Moskau: Concerning the influence of the pH on plant growth	106
Discussion	111
With reference to Point V: Soil reaction and plant parasites — papers had not been announced.	
Point VI: The influence of cultivation on the yield of plants.	
TORSTENSON-Knifsta: The influence of soil-coverings	121
References	132
Discussion	133
TJULIN-Perm: The determination of the porosity and the structure of the soil	135
Discussion concerning international scientific cooperation	193
YARILOFF-Russia: Information concerning the next congress	141
Last word by Prof. Dr. SAIDEL-Roumania	144
SUMMARY	146
RESUMÉ	149

TABLE DES MATIÈRES

	page
Programme scientifique	8
Liste officielle des membres présents	6
Point I: Détermination des besoins en engrais du sol par des méthodes physiologiques.	
Introduction: A. RIPPEL-Göttingen: Les méthodes de détermination des besoins en engrais	14
Discussion	19
KYAS-Brno: L'expérience exacte en plein champ	24
Discussion	40
E. MITSCHERLICH-Königsberg: Mes expériences en pots	44
KIRSANOFF-Leningrad: La nature de la théorie de MITSCHERLICH et son application en pratique	115
SOUCEK-Prag: Expériences sur l'efficacité des nutritives dans des horizons du sol de profondeur différente	48
Discussion	49
H. WIESSMANN-Rostock: La détermination des nutritives dans le sol par l'expérience en pot d'après WIESSMANN	49
Discussion	55
M. GRACANIN-Zagreb: Renseignements à la méthode de NEUBAUER pour la détermination des nutritives dans le sol	56
Discussion	57
Mme VON WRANGELL-Hohenheim: Ma propre méthode pour la détermination des besoins en engrais du sol	60
Discussion	68
O. ARRHENIUS-Stockholm: Contrôles chimiques dans l'agriculture	73
Discussion	82
A point II de l'ordre du jour aucune contribution n'avait été annoncée.	
Point III: La réaction du sol et le rendement.	
GOY-Koenigsberg: Le groupement des sols acides et son rapport quantitatif à la défaillance des plantes acidophobes etc.	83
Discussion	92
Point IV: La réaction du sol et l'assimilation des nutritives par les plantes.	
NEHRING-Koenigsberg: Influence de la réaction du sol sur l'assimilation des différentes azotures	97
Discussion	103
PRIANISCHNIKOW-Moskou: Influence de pH sur la végétation	106
Discussion	111
A point V: Réaction du sol et les organismes nuisibles aux plantes — aucune contribution n'avait été annoncée.	
Point VI: Influence de la cultivation sur le rendement.	
TORSTENSON-Knifsta: Influence de différentes manières de couvrir le sol	121
Discussion	133
TJULIN-Perm: La détermination de la porosité et de la structure du sol etc.	135
Discussion sur le travail ensemble international	139
YARILOFF-Russie: Informations sur le congrès en Russie	141
Épilogue par Prof. Dr. SAIDEL-Roumanie	144
SUMMARY	146
RESUMÉ	149

Rundschreiben, Circulars, Circulaires

Programm für die Tagungen der IV. Kommission in Königsberg i. Pr. vom 15. bis 20. Juli 1929

- Montag, den 15. Juli von 20 Uhr ab: Empfang der Kollegen in der Palaestra Albertina, III. Fließstraße 3—5. (Haltestelle der Straßenbahnlinie Nr. 6.)
- Dienstag, den 16. Juli von 9 bis 13 Uhr Sitzungen in der neuen Aula der Universität, Paradeplatz, Seiteneingang links.
16 Uhr Ausflug nach Warnicken. Abfahrt vom Samlandbahnhof; Rückkehr 21,42 Uhr.
- Mittwoch, den 17. Juli von 9 bis 13 Uhr und von 15 bis 19 Uhr Sitzungen in der neuen Aula der Universität.
20 Uhr Empfangsabend der Stadt Königsberg in dem Gebauhr-Saale der Stadthalle, Vorder-Roßgarten 49.
- Donnerstag, den 18. Juli 8 Uhr: Abfahrt vom Cranzer Bahnhof nach Rossitten; Rückkehr um 20,43 Uhr.
- Freitag, den 19. Juli von 9 bis 13 Uhr Sitzung in der neuen Aula der Universität.
15 Uhr: Besichtigung der Vegetationsversuche im Pflanzenbau-Institut der Universität, Tragheimer Kirchenstraße 74.
16 Uhr: Besichtigung der Vegetationsversuche auf dem Versuchsfelde in Lawskén, verlängerter Hammerweg 82.
18 Uhr: Hafenrundfahrt, veranstaltet durch die Stadt Königsberg. Abfahrt von der neuen Eisenbahnbrücke; Landung 19,30 Uhr an der Grünen Brücke.
20 Uhr: Gemeinsames Abendessen im "Blutgericht".
- Sonnabend, den 20. Juli 9 Uhr: Abfahrt vom Ostbahnhof nach Marienburg.
11,15 Uhr: Besichtigung der dortigen MITSCHERLICH-Station.
12,30 Uhr: Besichtigung der Ordensburg.
14 Uhr: Gemeinsames Mittagessen.

Programm of the meetings of the IV. Commission in Königsberg (Prussia) July 15th—20th 1929

- Monday, July 15th from 8 p. m. onwards: Reception of the colleagues in Palästra Albertina, III. Fließstraße 3—5. (Stopping place of the tram-route 6.)
- Tuesday, July 16th from 9 a. m. to 1 p. m. meetings in the new hall of the university. (Paradeplatz, left side-entrance.)
at 4 p. m. excursion to Warnicken. Departure from the „Samlandbahnhof“. Return 9.42 p. m.

- Wednesday, July 17th from 9 a. m. to 1 p. m. and from 3 p. m. to 7 p. m. meetings in the new hall of the university.
at 8 p. m.: Reception by the city of Königsberg in the Gebauhr Hall of the „Stadthalle“, Vorder Rossgarten 49.
- Thursday, July 18th at 8 a. m. departure from the „Cranzer Bahnhof“ for Rossitten. Return 8.43 p. m.
- Friday, July 19th from 9 a. m. to 1 p. m. meeting in the new hall of the university.
at 3 p. m. inspection of the vegetation experiments in the university institute for plant-cultivation, Tragheimer Kirchenstrasse 74.
4 p. m. Inspection of the vegetation experiments at the experiment-station in Lawsken, Hammerweg extension 82.
6 p. m. Exkursion through the harbour organised by the city of Königsberg. Departure from the „Neue Eisenbahnbrücke“: disembarkation 7.30 p. m. at the „Grüne Brücke“.
8 p. m. Dinner in the „Blutgericht“.
- Saturday, July 20th 9 a. m. Departure from the „Ostbahnhof“ for Marienburg.
11.15 a. m. Inspection of the MITSCHERLICH-Station there.
12.30 p. m. Inspection of the castle.
2 p. m. Luncheon.

Programme des réunions de la IV^{ème} Commission à Königsberg (Prusse) du 15 au 20 juillet 1929

- Lundi 15 juillet, à partir de 20 h.: Réception des collègues, au local de la Palestra Albertina, III. Fliebsstraße 3—5 (arrêt de la ligne n°. 6 du tram).
- Mardi 16 juillet, de 9 à 13 h.: séances dans la nouvelle Aula de l'université. (Paradeplatz, entrée latérale de gauche).
à 16 h.: excursion à Warnicken. Départ de la gare „Samlandbahnhof.“ Retour à 21 h.42.
- Mercredi 17 juillet, de 9 à 13 h. et de 16 à 19 h.: séances dans la nouvelle Aula de l'université.
à 20 h.: soirée offerte par la Ville de Königsberg dans la „Gebauhrsäle“ de la Stadthalle, 49 Vorder Roßgarten.
- Jeudi 18 juillet, à 8 h.: départ (de la gare „Cranzer Bahnhof“) pour Rossitten: retour à 20 h. 43.
- Vendredi 19 juillet, de 9 à 13 h.: séance dans le nouvelle Aula de l'université.
à 15 h.: visite des expériences de végétation à l'institut universitaire pour culture des plantes, 74 Tragheimer Kirchenstraße.
à 16 h.: visite des expériences de végétation sur les champs d'expérience de Lawsken, 82 verlängerter Hammerweg.
à 18 h.: visite par bateau des installations du port, organisée par la Ville de Königsberg. Départ du „Neuen Eisenbahnbrücke“. Débarquement à 19 h. 30: au „grünen Brücke“.
à 20 h.: souper en commun au „Blutgericht“.
- Samedi 20 juillet, à 9 h.: départ de „Ostbahnhof“ pour Marienburg, où:
à 11 h. 15: visite des installations MITSCHERLICH.
à 12 h. 30: visite du château des chevaliers.
à 14 h.: dîner en commun.

**Tagesordnung der wissenschaftlichen Sitzungen der IV. Kommission
in Königsberg i. Pr. vom 16. bis 19. Juli 1929**

I. Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens auf pflanzenphysiologischem Wege:

Einleitender Vortrag: Prof. Dr. RIPPEL-Göttingen

„Die Bestimmung des Nährstoffbedarfs des Bodens auf pflanzenphysiologischem Wege“.

1. Feldversuch:

Vortrag: Ingenieur Chem. Direktor KYAS-Brünn (Brno-Tschechoslowakei)

„Der exakte Feldversuch“.

2. Gefäßversuch nach MITSCHERLICH.

3. Gefäßversuch nach WIESSMANN.

Vortrag: Prof. Dr. WIESSMANN

„Meine Methode zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens“.

4. Keimpflanzenmethode nach NEUBAUER.

5. Weitere physiologische Methoden.

Vortrag: Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-V. WRANGELL-Hohenheim

„Über eine eigene Methode zur Bestimmung der Düngerbedürftigkeit des Bodens“.

II. Die Bestimmung des Kalkbedürfnisses des Bodens durch pflanzenphysiologische Versuche.

III. Bodenreaktion und Pflanzenertrag. Berücksichtigung der Reaktionsempfindlichkeit der verschiedenen Kulturpflanzen.

Vortrag: Dr. ARRHENIUS-Stockholm

„Chemische Betriebskontrolle in der Landwirtschaft“.

Vortrag: Prof. Dr. GOY-Königsberg

„Über Bodengruppen und deren quantitative Beziehungen zum Versagen der besseren Pflanzen, sowie die Einzelkennziffern des Kalk- und Säurezustandes der Mineralböden“.

IV. Bodenreaktion und Nährstoffaufnahme der Pflanzen.

Vortrag: Privatdozent Dr. NEHRING-Königsberg

„Der Einfluß der Bodenreaktion auf die Aufnahme und Verwertung der verschiedenen Stickstoffverbindungen“.

V. Bodenreaktion und Pflanzenschädlinge.

VI. Der Einfluß der Bodenbearbeitung auf den Pflanzenertrag.

Vortrag: Dr. TORSTENSSON-Knifsta (Schweden)

„Über den Einfluß der Bodenbedeckung“.

Über die Punkte der Tagesordnung, zu welchen keine Vorträge angemeldet wurden, soll dennoch diskutiert werden.

**Programm of the scientific meetings of the IV. Commission of the
International Society of Soil Science in Königsberg (Prussia)
July 16th - 19th 1929**

- I. The determination of the manurial requirement of the soil by means of plant physiology.
Introductory lecture: Prof. Dr. RIPPEL-Göttingen
„Methods of determine the manurial requirement“.
1. Field experiments:
Lecture: Engineer and Chemical Director KYAS-Brünn (Brno)
„The accurate field experiment“.
2. MITSCHERLICH's Pot Experiments.
3. WIESSMANN's Pot Experiments.
Lecture: Prof. Dr. WIESSMANN
„My method for the determination of the manurial requirements of the soil“.
4. NEUBAUER's Seedling Method.
5. Further physiological methods.
Lecture: Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-V. WRANGELL-Hohenheim
„My own method for the determination of the manurial requirement of the soil“.
- II. The determination of the Lime Requirements of the soil by Plant Physiological Methods.
- III. Soil reaction and yield of the crop. Consideration of the sensitiveness of the various plants to soil reaction.
Lecture: Dr. ARRHENIUS-Stockholm
„The chemical control of agriculture“.
Lecture: Prof. Dr. GOY-Königsberg
„Soil species and their quantitative relations to the failure of the better plants and the individual figures of the conditions of lime and acid in mineral soils“.
- IV. Reaction of the soil and absorption of nutrients by plants.
Lecture: Privatdozent Dr. NEHRING-Königsberg
„The influence of the reaction of the soil on the absorption and utilization of the various nitrogen compounds“.
- V. Reaction of the soil and plant parasites.
- VI. The influence of the cultivation of the soil on the plant yield.
Lecture: Dr. TORSTENSSON-Knifsta (Sweden)
„The influence of soil-coverings“.

Discussions will be held on those items in the daily proceedings, in connection with which no lectures were announced.

**Programme des séances scientifiques de la IV^{ème} Commission de
l'Association Internationale de la Science du Sol à Königsberg
(Prusse) du 16 au 19 juillet 1929**

- I. Détermination des besoins en engrais du sol par des méthodes physiologiques:
Discours d'introduction: M. le Prof. Dr. RIPPEL, de Göttingue:
„Les méthodes de détermination des besoins en engrais“.
1. Expériences en plein champ:
Conférencier: M. l'Ingénieur Chim. Directeur KYAS, de Brünn (Brno)
„L'expérience exacte en plein champ“.
2. Expériences en pots d'après MITSCHERLICH.
3. Expériences en pots, d'après WIESSMANN.
Conférencier: M. le Prof. Dr. WIESSMANN
„Ma méthode pour la détermination des besoins du sol en engrais“.
4. Méthode de germination, d'après NEUBAUER.
5. Autres méthodes physiologiques:
Conférencière: M^{re} le Prof. Dr. ANDRONIKOW-V. WRANGELL, de Hohenheim
„Ma propre méthode pour la détermination des besoins du sol en engrais“.
- II. Détermination des besoins en chaux par des expériences physiologiques.
- III. Réaction du sol et rendement. Considération de la sensibilité des différentes plantes cultivées à la réaction du sol.
Conférencier: M. le Dr. ARRHENIUS, de Stockholm
„Contrôles chimiques des travaux dans l'agriculture“.
Conférencier: M. le Prof. Dr. GOY, de Königsberg
„Le groupement des sols acides et son rapport quantitatif à la défaillance des plantes acidophobes et aussi les chiffres caractéristiques de l'état de chaux dans les sols minéraux“.
- IV. Réaction du sol et assimilation des substances nutritives par les plantes.
Conférencier: M. le Privatdocent Dr. NEHRING, de Königsberg
„Influence de la réaction du sol sur l'assimilation et la valorisation des différentes azotures.“
- V. Réaction du sol et organismes nuisibles aux plantes.
- VI. Influence de la cultivation au rendement de plantes.
Conférencier: M. le Dr. TORSTENSSON, de Knifsta (Suède)
„Influence de l'action de couvrir du sol.“

Sur les points figurant à l'ordre du jour pour lesquels aucune conférence n'est annoncée, une discussion sera néanmoins également engagée.

LISTE DER TEILNEHMER
REGISTRATION LIST
LISTE OFFICIELLE DES MEMBRES PRÉSENTS

E. M. CROWTHER, Rothamstedt-Harpenden (England)
 DAVIES, Assistent, Rothamstedt-Harpenden (England)
 JAMES HENDRICK, B. Sc. F. L. C Universität Aberdeen (England)
 Prof. Dr. LIPMAN, New-Brunswick N. Y. (U. S. A.)
 SUNDELIN, Direktor der Versuchsanstalt Stockholm (Schweden)
 O. FRANK, Assistent, Versuchsanstalt Stockholm (Schweden)
 Dr. TORSTENSON, Knifsta (Schweden)
 Baron RAPPE, ing. agr., Wassmolosa (Schweden)
 Dr. O. ARRHENIUS, Stockholm (Schweden)
 W. MC. BELGRAVE, Kuala-Lumpur (Malayische Staaten)
 Dr. KONOLD, Assistent (Danzig)
 Dr. SAUERLANDT, Assistent (Danzig)
 Prof. Dr. T. SAIDEL, Bukarest (Rumänien)
 Prof. SISESTI, Bukarest (Rumänien)
 Dr. URAKAMI (Japan)
 Dr. CELICHOWSKI, Leiter der Landw. Versuchs-Station Posnan (Polen)
 Dr. KARLOWSKA, Assistentin, Landw. Versuchs-Station Posnan (Polen)
 Prof. Dr. JARILOFF, Moskau (Rußland)
 Prof. Dr. TULAIKOFF, Moskau (Rußland)
 Prof. Dr. KRAWKOFF, Moskau (Rußland)
 Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW, Moskau (Rußland)
 Prof. Dr. LÖWSHIN, Kiew (Rußland)
 Ing. chem. KYAS, Direktor, Brünn (Tschechoslowakei)
 Dr. SOUCEK, Direktor, Prag (Tschechoslowakei)
 Ing. VALLICEK, Brünn (Tschechoslowakei)
 Prof. Dr. BALLENEGGER, Budapest (Ungarn)
 Dr. K. BAMBERG, Universität Riga (Lettland)
 Dr. K. KRUMINS, Universität Riga (Lettland)
 Prof. Dr. DENSCH, Landsberg a. W.
 Prof. Dr. RIPPEL, Göttingen
 Prof. Dr. WIESSMANN, Rostock
 Prof. Dr. ANDRONIKOW-V. WRANGELL, Hohenheim
 Priv.-Doz. Dr. TRÉNEL, Berlin
 Dr. LEHMANN, Jena
 Prof. Dr. MITSCHERLICH, Königsberg

Dr. DOHRING, Assistent, Königsberg
Dr. BEHRENS, Assistent, Königsberg
Dr. GEHRMANN, Assistent, Königsberg
Dr. PAPENDIECK, Assistent, Königsberg
Prof. Dr. ZIELSTORFF, Königsberg
Prof. Dr. GOY, Königsberg
Priv.-Doz. Dr. NEHRING, Königsberg
Prof. Dr. FOEDISCH, Königsberg
Direktor Dr. STROEBELE, I. G. F., Ludwigshafen
Dr. RACKMANN, Ludwigshafen
Dr. WAGNER, Oppau
Dr. MARQUART, Königsberg
Dr. RYBARK, Berlin
Dr. SMALAKIES, Berlin
Dr. ARNHOLD, Königsberg
Dr. BIEBER, Königsberg
Dr. ROESLER, Berlin
Dr. VAGELER, Landwirtschaftskammer Königsberg
Dr. KUHN, Landwirtschaftskammer Königsberg
Dr. ESCHENHAGEN, Landwirtschaftskammer Stettin
Dr. MÖLLER, Königsberg
Dr. RÜPPELL, Königsberg
Dr. BONACKER, Königsberg
Dr. SCHEFFER, Halle
Dr. M. NOACK, Berlin
Dipl. agr. KUHNKE, Königsberg.

I. VERHANDLUNGSTAG, DIENSTAG, DEN 16. JULI, AULA DER UNIVERSITÄT

Vorsitzender: Prof. Dr. E. MITSCHERLICH-Königsberg.

Schriftführer: Dr. BEHRENS-Königsberg, Dr. M. TRÉNEL-Berlin.

Prof. Dr. MITSCHERLICH eröffnet die Sitzung 9²⁵ Uhr mit folgender Ansprache:

Meine sehr verehrten Damen und Herren! Ich heiße Sie auf das allerherzlichste willkommen und bin Ihnen außerordentlich dankbar, daß sie aus allen Ländern der Welt meiner Einladung Folge geleistet haben. Ich freue mich, Ihnen einmal etwas von unseren Arbeiten zeigen zu dürfen, aber andererseits hoffe ich auch, daß wir gerade durch den gegenseitigen Austausch das fördern, was uns am Herzen liegt: unsere Wissenschaft. Wir sind eine Internationale Gesellschaft und hier eine Internationale Kommission. Es ist deshalb selbstverständlich gestattet, in den drei Hauptsprachen, Deutsch, Englisch und Französisch, zu reden. Diejenigen, welche der deutschen Sprache nicht mächtig sind, bitten wir daher, in ihrer Sprache zu sprechen, und wir werden versuchen, Ihre Ausführungen zu übersetzen. Ich selbst bedaure es aufrichtig, daß ich nicht des Englischen Herr bin und so die Herren, die aus England, Amerika und den Malayischen Staaten herkommen, nicht in ihrer Muttersprache zu begrüßen vermag. Meine Damen und Herren! Ich wünsche aber, um eine klare Verständigung zu erzielen, daß alle Herren, die in deutscher Sprache sprechen, möglichst langsam und deutlich reden, damit sie sich den anderen von vornherein leichter verständlich machen können. Ich habe gebeten, die Vorträge nur 15 Minuten lang zu halten und zur Diskussion nicht länger als je 5 Minuten zu sprechen. Wenn durch das langsame Sprechen die Zeit etwas hinausgeschoben wird, so würde das der Sache nur dienlich sein.

Meine Damen und Herren! Ich habe mir die Sitzung derart gedacht, daß wir aus den wissenschaftlichen Sitzungen unsere geistige Anregung, den geistigen Disput, auch weiter tragen in die Exkursionen hinein, bei denen dem einen oder dem anderen, der sich für einen besonderen Vortrag des einen oder anderen interessiert, Gelegenheit gegeben ist, mit diesem persönlich in wissenschaftlichen Meinungsaustausch zu treten. Aus diesem

Grunde habe ich die Exkursionen immer zwischen die wissenschaftlichen Tagungen eingeschoben. So wollen wir heute nach Warnicken fahren und, nachdem wir morgen den ganzen Tag Sitzung haben, den Donnerstag für eine Fahrt nach Rossitten opfern, am Freitag vielleicht einen halben Tag Sitzung abhalten und die andere Hälfte mit Institutsbesichtigungen und einer Rundfahrt ausfüllen, um dann am Sonnabend unsere Tagung in Marienburg abzuschließen.

Der Redner teilt Einzelheiten über die Ausflüge mit und fährt dann fort:

Nach diesem Exkurs für die jetzige Tagung möchte ich zunächst noch unserem Reiche, unserem Staate und auch unserer Stadt schon im voraus herzlichen Dank sagen für die Möglichkeit, daß wir hier in Königsberg uns zusammenfinden konnten.

Meine Damen und Herren! Ich habe dann noch kurz einige geschäftliche Sachen zu erledigen. Sie wissen, daß unsere Kommission hier zusammengetreten ist, um ihre Arbeit für den Kongreß in Rußland vorzubereiten, der ja im nächsten Jahre in Moskau beziehungsweise in Leningrad stattfinden soll und ich hoffe, daß die Damen und Herren, welche hier zur wissenschaftlichen Arbeit zusammengetreten sind, sich dann auch in Rußland wieder einfinden werden, da nur durch die Kontinuität der Arbeit tatsächlich ein Fortschritt erzielt werden kann. Ich möchte weiter geschäftlich aufmerksam machen auf ein Memorandum der Britischen Sektion der Internationalen Gesellschaft für Bodenkunde, welches wir Herrn Kollegen HENDRICK verdanken, den ich hier begrüßen darf. (Das Schreiben wird verlesen.)

Meine Damen und Herren! Auch ich halte es für außerordentlich wünschenswert, daß das Amt des Präsidenten nicht immer in derselben Hand bleibt. Es würde dann schließlich zu einer Stagnierung und zu einer gewissen Sterilität der betreffenden Kommission führen. Außerdem ist es selbstverständlich bei einer Internationalen Gesellschaft wünschenswert, daß nicht immer dieselbe Nation die Führung hat, sondern es muß selbstverständlich gewechselt werden. Ich möchte deshalb bitten, dem Memorandum der Britischen Sektion der Internationalen Gesellschaft für Bodenkunde zuzustimmen und vielleicht für den nächsten Kongreß die Neuwahl des Präsidenten in Vorschlag zu bringen.

Dr. ARRHENIUS wendet sich gegen die große Zahl der Vizepräsidenten und schlägt vor, daß künftig nur ein Vizepräsident gewählt wird.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Ich glaube, daß das auch in der Absicht des Memorandums der Königlich-Britischen Sektion der Internationalen Gesellschaft für Bodenkunde gelegen hat; denn es können selbstverständlich nicht allzuviel Köche in einem Brei herumdrehen. Ich glaube, daß die Gruppe A, d. h. die Gruppe der Vizepräsidenten, „Ehren halber“, des Titels wegen, beibehalten werden sollte, ohne selbst in Funktion zu treten, während andere Gruppen tätig mitarbeiten sollten, zur Unterstützung des Präsidenten.

Ich darf wohl annehmen, daß Sie dem Vorschlag der Britischen Sektion zustimmen.

Prof. HENDRICK (spricht in englischer Sprache) übersetzt durch Dr. TRÉNEL: Herr Prof. HENDRICK dankt dem Präsidenten Herrn Prof. MITSCHERLICH für die liebenswürdige Aufnahme in Königsberg und macht dann einzelne Ausführungen zum Memorandum, das soeben verlesen wurde. Er betont ausdrücklich, daß diese Vorschläge sich nicht gegen eine Person richten, sondern daß sie rein sachlich gemeint sind, so daß niemand sich irgendwie verletzt fühlen könnte. Er hebt ganz besonders das hervor, was Herr Dr. ARRHENIUS schon ausgeführt hat, indem er warnt, daß jeder Präsident Vizepräsident wird. Prof. HENDRICK meint, es genüge vollkommen, daß der derzeitige Präsident, wenn er nicht wiedergewählt wird, nur so lange Vizepräsident ist, bis die nächste Wahl stattfindet.

BALLENEGGER: In Budapest wurde der Antrag gestellt, daß der Vorschlag angenommen werden sollte, doch sollten zuvor die nationalen Sektionen wegen der Wichtigkeit der Angelegenheit darüber beraten und Vorschläge an den Generalvorstand einschicken. Ich glaube, es wäre vielleicht zweckmäßiger, hier auch denselben Weg einzuschlagen.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Ich fürchte, daß bei der Langsamkeit der Arbeit die Sache bis zum nächsten Jahr nicht zu Ende kommt. Ich stelle anheim, darüber zu beraten, bevor wir zu einem endgültigen Beschluß kommen.

Dr. ARRHENIUS: Ich möchte eine Rekommandation aussprechen für den Vorschlag. Ich glaube, daß die Frist von 3 Jahren zu kurz ist, also ich möchte vorschlagen, daß 5 oder 6 Jahre als Periode angesetzt werden, statt 3 Jahre.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Was die Perioden anbetrifft, so müssen wir uns an die Perioden der Kongresse halten. Die Kongresse finden alle 3 Jahre statt und derjenige, der sie vorbereitet hat, muß schließlich auch Führer beim Kongreß sein, so daß eine Periode nur 3 oder 6 Jahre sein könnte; vielleicht genügt es, wenn wir dem Herrn Generalsekretär mitteilen, daß wir im allgemeinen den Vorschlägen der Britischen Sektion zustimmen, daß aber im Speziellen vielleicht noch eine Befragung der Sektion der Länder wünschenswert erscheint.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Mir scheint nicht ohne weiteres klar zu sein, welche Folge das haben würde. Wir können ohne weiteres weder ja noch nein sagen. Man sollte eine besondere Sitzung für die Besprechung der Frage ansetzen.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Sie würden sich dann dem Vorgehen der Zweiten Kommission anschließen? Ist das die allgemeine Ansicht unserer Kommission? Ich bitte, die Hand zu erheben, wer für dieses gemeinsame Vorgehen mit der Zweiten Kommission ist. (Mehrheit.) Wir würden uns danach dem Beschluß anschließen und es dem Generalsekretär mitteilen. (Zuruf TRÉNEL: Ich habe nicht verstanden, welcher Beschluß gefaßt ist!) Es ist der Beschluß gefaßt, den Beschluß der Zweiten Kommission auch für unsere Kommission anzunehmen, der Beschluß nämlich, daß der Antrag erst an die Sektion der Länder gehen soll. (Zuruf: Dann fällt der Vorschlag HENDRICK ins Wasser?) Nein, er wird vertagt bis zum Kongreß. War die Versammlung anderer Ansicht?

Dr. ARRHENIUS: Ich glaube, daß mehrere Herren dem Vorschlag HENDRICK zustimmen würden.

Prof. HENDRICK: (spricht in englischer Sprache).

Dr. ARRHENIUS übersetzt: Herr Prof. HENDRICK hat gesagt, daß er den Beschluß nicht jetzt formulieren will, sondern gern dem Vorschlag der Zweiten Kommission zustimmt, daß also die nationalen Kommissionen auch gefragt werden, so wie es der Vorschlag des Herrn Vorsitzenden war, und daß er seine Rekommandation zurückzieht, um später in der Generalversammlung abstimmen zu lassen.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Dann bleibt es bei dem Beschluß, den wir vorhin gefaßt haben, und wir können nun endgültig den geschäftlichen Teil der Tagesordnung abschließen.

Wir kommen nun zu dem wissenschaftlichen Teil der Tagesordnung. Ich darf Herrn Prof. Dr. RIPPEL bitten, das Wort zu seinem Vortrage zu nehmen.

WISSENSCHAFTLICHER TEIL

PUNKT I DER TAGESORDNUNG:

DIE BESTIMMUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFS DES BODENS AUF PFLANZENPHYSIOLOGISCHEM WEGE

DIE BESTIMMUNG DES NÄHRSTOFFBEDARFS DER PFLANZE

Von Prof. Dr. AUGUST RIPPEL-Göttingen.

Meine Ausführungen sollen in aller Kürze, unter Verzicht auf die Anführung von Einzelheiten, einige Überlegungen bringen, wie sie sich notwendigerweise ergeben, wenn man die verschiedenen Methoden der Bestimmung des Nährstoffbedarfes der Pflanzen miteinander vergleicht und dem Rahmen des Ertragsgesetzes einordnet. Wir verstehen dabei das Ertragsgesetz so, wie wir es soeben in der Zeitschrift für Pflanzenernährung ausgeführt haben.

Unser Begriff verlangt zunächst eine eindeutige Festlegung, wie es R. MEYER zuerst getan hat und wie das hier noch etwas weiter ausgeführt werden soll. Statt des oft verwendeten Ausdrucks „-bedürfnis“ ist „-bedarf“ zu setzen. Der erste Ausdruck bedeutet etwas Anthropomorphes, wie ohne weiteres klar wird, wenn man sagt: Der Mensch hat das Bedürfnis, den Bedarf der Pflanze festzustellen.

Es ist weiterhin von Nährstoffbedarf zu sprechen, nicht von Düngersbedarf. Beide Begriffe decken sich keineswegs, wie das Beispiel des Kalkes

zeigt. Nehmen wir einen völlig kalkfreien Boden von saurer Reaktion an, so hat dieser Boden einen Düngerbedarf an Kalk, der sich aus zwei Komponenten zusammensetzt, nämlich dem eigentlichen Düngerbedarf des Bodens an Kalk in Hinsicht auf eine Reaktionsänderung und dem Nährstoffbedarf der Pflanze an Kalk. Daß es sich hier um ganz Verschiedenes handelt, erkennt man daran, daß diese Reaktionsänderung auch auf ganz andere Weise als durch Zufuhr von Kalk hergestellt werden könnte; aus praktischen Gründen kommt allerdings dieser Stoff in erster Linie in Frage.

Auch bei den übrigen Pflanzennährstoffen können wir diese doppelte Wirkung auf Boden und Pflanze erkennen. Denn auch der Boden hat einen Bedarf an Stickstoff, Phosphor, Kalium usw. durch seine Mikroorganismen, die einen notwendigen Bestandteil bilden. In diesem Falle können allerdings diese Nährstoffe nicht durch andere ersetzt werden, wie das bei einer Reaktionsänderung der Fall ist.

Bei dieser Betrachtungsweise ist jedoch noch zu beachten, was für die vorliegende Frage überhaupt von entscheidender Bedeutung ist, daß es sich bei dem Begriff des Düngerbedarfs des Bodens, wie wir ihn eben definiert haben, in Wirklichkeit doch auch um einen, wenn auch nur mittelbaren, Bedarf der Pflanze handelt; denn bei dem hier vorherrschenden landwirtschaftlichen Gesichtspunkt ist sie es ja, die erst diesen Begriff schafft (R. MEYER). Z. B. von geologischen Gesichtspunkten aus würde man einen solchen überhaupt nicht aufstellen können. Das ist aber zu beachten, wenn man nach der Bedeutung der einzelnen Methoden fragt. Den Nährstoffgehalt vollends des Bodens braucht man danach garnicht zu kennen, wie sich auch noch weiter zeigen wird.

Von solchen Methoden kennen wir:

A. Rein chemische Methoden (BLANCK, KÖNIG, LEMMERMANN, VON SIGMOND u. a.).

B. Physiologische Methoden.

1. Keimpflanzen-Methode (NEUBAUER).
2. Mikrobiologische Methoden (NIKLAS, BENECKE).
3. Ertragsgesetz-Methode (MITSCHERLICH, WIESSMANN).

Was ist nun das Trennende und das Gemeinsame dieser Methoden? Es müssen vorerst aber noch einige prinzipielle Feststellungen erfolgen: Man muß sich darüber völlig klar sein, welche Anforderungen man stellen will, ob man nur eine durch Tasten gefundene, rein praktisch zu verwendende Methode haben will, oder ob man darüber hinaus zu einer wissenschaftlich begründeten Vorstellung des ganzen Fragenkomplexes, den man untersucht, gelangen will. Es könnte scheinen, daß die erste Forderung der nur praktisch empirischen Annäherung genügen würde; wenigstens hat man bei der bisherigen Behandlung der Frage in vielen Fällen den Eindruck, daß diese Auffassung herrscht. Aber abgesehen davon, daß hiermit ein Verzicht auf theoretisches Eindringen ausgesprochen ist, wie ihn wohl im Grunde genommen keine Wissenschaft aussprechen wollte, wird die folgende Darstellung zeigen können, daß tatsächlich erst die theoretische Durchdringung den richtigen Maßstab auch für die praktische Anwendung abgeben und anscheinende Widersprüche aufklären kann.

Weiterhin ist hinsichtlich der einzelnen Nährstoffe die Verschiedenartigkeit ihrer Zugänglichkeit zu beachten: Während Phosphor und Kalium in erster Linie einer rein chemischen Löslichkeit unterliegen, hängt die Verfügbarkeit des Stickstoffs von dem mikrobiologischen Charakter des Bodens ab. Das ist wohl der tiefere Grund, weshalb die meisten Methoden sich auf Kalium und Phosphor beschränken.

Betrachtet man nun die genannten Methoden, so wird klar, daß der anscheinende Unterschied zwischen rein chemischen und physiologischen Methoden sich etwas verwischt. Denn die Anwendung schwacher Säuren (die Anwendung starker Säuren hat man ja aufgegeben) kann nur als eine teils bewußte, teils vielleicht auch unbewußte Nachahmung der ausscheidenden und lösenden Tätigkeit der Pflanzenwurzeln und Mikroorganismen betrachtet werden. Aber noch etwas weiteres kommt hinzu: An und für sich können natürlich diese rein chemischen Methoden keine Auskunft über das für uns Wichtige, nämlich über den Bedarf der Pflanze, geben; sondern es muß der Pflanzenversuch hinzutreten, der uns erst zeigen kann, wie weit die Ergebnisse dieser Methoden einen Schluß auf den Bedarf der Pflanze überhaupt zulassen. (R. MEYER.) Das klingt freilich völlig selbstverständlich, ist aber, wie wir weiter sehen werden, von grundlegender Bedeutung und wurde auch bisher tatsächlich noch nicht genügend beachtet.

Die Keimpflanzenmethode von NEUBAUER lehnt sich erheblich enger an die natürlichen Verhältnisse der Pflanze an. Aber sicherlich treten hier nur die reinen Lösungsvorgänge seitens der Pflanzenwurzeln in Erscheinung. Die Beziehungen zum Ertrag sowie diesen selbst lernen wir durch die Methode als solche nicht kennen. Die Methode NEUBAUER nimmt also offenbar eine Mittelstellung zwischen chemischen und physiologischen Methoden ein.

Die eigentliche Methode des Pflanzenversuches ist bisher nur diejenige von MITSCHERLICH, wobei wir die Methode WIESSMANN einschließen, der das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren zugrunde liegt. Ihr entspricht, nur mit anderen Organismen durchgeführt die Azotobacter-Methode von NIKLAS und die Aspergillus-Methode von BENECKE-SÖDING. Grundsätzlich müßte man mit Mikroorganismen ebenso arbeiten können wie mit höheren Pflanzen; denn unsere Versuche haben gezeigt, daß die in diesem Zusammenhang entscheidenden Eigenschaften des Ertragsgesetzes (Maximumverschiebung, Verschiebung der relativen Anstieg tangente usw., im MITSCHERLICH'schen Sinne also die Inkonzanz des Wirkungsfaktors) hier wie dort gleichsinnig sich verhalten. Es käme also nur darauf an, die richtige Umrechnung zu finden. *Aspergillus* (oder ein anderer Pilz) dürfte dabei *Azotobacter* überlegen sein. Denn abgesehen davon, daß es sich bei *Azotobacter* nicht um Reinkulturen handelt (GOY) und durch die Möglichkeit einer veränderten Zusammensetzung der Haut die Einheitlichkeit gestört wird, erlaubt sie keine quantitative Feststellung, die bei *Aspergillus* sehr einfach und in Hinsicht auf das Ertragsgesetz auch notwendig ist.

Nun die Methode MITSCHERLICH: Es ist offenbar die einzige, welche tatsächlich mit dem vollen Pflanzenertrag arbeitet und von den Beziehungen zwischen Nährstoffzufuhr und Ertragsteigerung ausgeht. Allein eine solche Methode kann diesen Zusammenhang in prinzipieller Hinsicht aufklären; und auch in praktischer Hinsicht, was die betriebswirtschaftliche Seite der

Frage angeht, die Beziehungen zwischen Roh- und Reinertrag, vermag eine solche Methode die Grenzen aufzuzeigen. KRZYMOWSKI, MITSCHERLICH, R. MEYER haben diesen letztgenannten Gesichtspunkt herausgestellt.

Nach dem Trennenden, das wir soeben besprochen haben, soll nunmehr auch auf das Gemeinsame hingewiesen werden, was zum Teil oben schon kurz angedeutet wurde, wenn wir feststellen, daß alle Methoden doch den Pflanzenertrag berücksichtigen müssen. Ein weiterer den genannten Methoden gemeinsamer Punkt ist nun folgender: Sie alle rechneten bisher (auf Ausnahmen wird gleich zurückzukommen sein) mit konstanten Werten, mit Grenzzahlen oder einem festen Wirkungsfaktor. Nach unseren heutigen Kenntnissen ist das nicht mehr möglich. Schon die Tatsache, daß z. B. bei der NEUBAUER-Analyse peinlich unter gleichmäßigen Versuchsbedingungen gearbeitet werden muß, zeigt die Unmöglichkeit einer solchen Festlegung. Denn Werte, die bei veränderten Versuchsbedingungen sich ändern, können auch bei gleichartigen Versuchsbedingungen für verschiedene Böden nicht die gleichen sein, da die verschiedenartige Beschaffenheit des Substrates eben ungleichmäßigen Versuchsbedingungen entspricht. Für die rein chemischen Methoden gilt natürlich das Gleiche. Es ist undenkbar, daß hier allgemein gültige Werte aufgestellt werden können; es wird vielmehr selbstverständlich, daß Abweichungen vorkommen müssen.

Die heutige Kenntnis des Ertragsgesetzes zeigt, daß es solche konstanten Größen nicht gibt; Maximumverschiebung und Verschiebung der relativen Anstiegstangente (nach MITSCHERLICH: Wirkungsfaktor) kennen wir heute als abhängig von Zeit, Nebenbedingungen, Pflanzenart. LEMMERMANN wies schon darauf hin, daß es verständlich ist, wenn die Grenzzahlen für verschiedene Böden verschieden sind. Variable Grenzzahlen und Inkonzanz des MITSCHERLICH'schen Wirkungsfaktors bedeuten eben im Rahmen des Ertragsgesetzes dasselbe. Rein empirisch hat NEUBAUER bereits den richtigen Weg beschritten, indem er die Grenzzahlen für verschiedene Pflanzen verschieden angibt und ebenso verschiedene Werte für hohe und mittlere Ernten. Wenn die Grenzzahlen für mittlere Ernten niedriger angegeben sind als für hohe, so bedeutet das, wenn wir hier noch die MITSCHERLICH'sche Terminologie verwenden, daß der Wirkungsfaktor für niedrigere Nebenbedingungen höher ist als für höhere Nebenbedingungen, wie das ja auch tatsächlich festgestellt wurde. Aber es ist heute unbedingt unsere Pflicht, über diese rein empirischen Feststellungen hinaus bewußt diesen Weg weiter zu gehen. Die Richtung weist uns das Ertragsgesetz.

Es soll hier nun allerdings nicht erörtert werden, wie weit wir uns MITSCHERLICH's neuer Auffassung anschließen können, der die Inkonzanz des Wirkungsfaktors als eine gewissermaßen nur scheinbare, als die Folge eines graduell abgestuften Schädigungsfaktors, ansieht. Es genügt, festzustellen, daß praktisch damit die Konstanz des Wirkungsfaktors bei der MITSCHERLICH-Methode aufgegeben ist. Die Methode WIESSMANN, ein dankenswerter Fortschritt, sucht wenigstens einen Teil dieser Inkonzanz zu berücksichtigen, geht aber entschieden immer noch nicht weit genug (dies prinzipiell gemeint), da, wie MAIWALD zeigte, auch hier wieder gewisse konstante Beziehungen erscheinen. Außerdem ist zu beachten, daß verschiedene Ertragsmaxima nicht auf der gleichen Nährstoffabzisse zu

liegen brauchen, also eine Kurvenübertragung nicht so ohne weiteres möglich ist.

Wie kann nun der weitere Weg sein? Grundsätzlich kommen wir, wie schon erwähnt, nicht um die Kenntnis des Ertragsgesetzes herum. Die von MITSCHERLICH angeregte Forschungsrichtung erweist sich, wenn man von der bisher praktisch verwendeten Methode absieht und die Inkonzanz des Wirkungsfaktors, um in altem Sinne zu sprechen, berücksichtigt, als der allein gangbare Weg, wenn man tiefer in alle Zusammenhänge eindringen und das Problem grundsätzlich lösen will.

Man muß von jeder Methode aus zu diesem Schluß gelangen, sobald man sich die Konsequenzen klar macht, die sich aus der Inkonzanz der Grenzzahlen, des Wirkungsfaktors usw. ergeben. Denn das bedeutet nichts anderes, als daß man nunmehr gezwungen ist, diejenige Gesetzmäßigkeit herauszufinden, nach denen diese Werte eine Verschiebung erleiden, nach unserer Ausdrucksweise also, wie Maximumverschiebung, Anstieg tangente usw. (nach MITSCHERLICH Wirkungsfaktor) von Zeit und Nebenfaktoren abhängen. Nur sie kann also das ordnende Prinzip liefern, das die praktischen Beobachtungen in der richtigen Weise miteinander verknüpft. Im Grunde genommen werden hierdurch natürlich alle anderen Methoden überflüssig oder zum mindesten wird es bis zu einem gewissen Grade gegenstandslos, über die mehr oder weniger gute Brauchbarkeit der verschiedenen Methoden zu diskutieren.

Für die rein praktische Einstellung ist das zweifellos etwas betrüblich. Man wird auch wohl nicht erwarten können, daß alle übrigen Methoden nun plötzlich aufgegeben werden sollen; das soll hier denn auch gar nicht verlangt werden. Sie werden aber zweifellos eine allmähliche Umstellung in der Richtung vornehmen müssen, daß man nunmehr anstatt starre Werte aufzustellen eine Gruppenbildung vornimmt für verschiedene Böden, Pflanzen, klimatische Bedingungen usw., welchen Weg tatsächlich NEUBAUER auch bereits beschritten hat. Wie diese Gruppen zu bilden sind, wie weit man damit gehen soll, bzw. wie eng man sie fassen soll, darüber muß uns das Ertragsgesetz belehren, indem wir zusehen, ob die Verschiebungen, welche die Kurvenwerte erleiden, für die betreffenden Verhältnisse einen Wert annehmen, der praktisch bedeutungslos ist oder einen solchen, der über das praktisch zulässige Maß hinausgeht. Man wird sich dabei immer wieder vor Augen halten müssen, daß auch eine solche Gruppenbildung nicht als endgültig Feststehendes betrachtet werden darf, sondern nur als eine Konzession an die Forderungen der Praxis. Das Ertragsgesetz selbst kennt nur fließende Werte. Es bleibt dabei also immer das Kriterium, das die Sicherheit der praktischen Anwendbarkeit bestimmt.

Wenn das Arbeiten mit dem Ertragsgesetz als die einzige prinzipiell gangbare Methode dargestellt wurde, so kann von praktischen Gesichtspunkten aus eingewendet werden, daß diese Methode zu lange dauert. Aber einmal würde das ja nicht in Frage kommen, wenn man sie nur zur Sicherstellung der Ergebnisse sonstiger Methoden verwenden will, wenn sie also das wissenschaftliche Prinzip darstellt. Zum andern ist aber bereits der Weg der Abkürzung vorgezeichnet durch Verwendung der schnell wachsenden Mikroorganismen und durch die zeitliche Maximumverschiebung. Die letztgenannte würde einen Schluß von frühen Vegetations-

stadien auf den Endertrag zu ziehen gestatten (R. MEYER). Hier liegen auch, worauf ich schon früher einmal hinwies, engste Berührungspunkte mit der NEUBAUER-Methode. Ob man das alles praktisch wird durchführen können, kann zur Zeit noch nicht erörtert werden. Es muß hier genügen, auf die prinzipielle Möglichkeit hingewiesen zu haben.

Ich habe den Wert darauf gelegt, die bestehenden Gegensätze zwischen den verschiedenen Methoden nicht zu verschärfen, sondern unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt zusammenzufassen. Dieser ergibt sich ohne weiteres, wenn man von der praktischen Anwendung zu den Kernpunkten der Fragestellung fortschreitet. Der Zweck dieser kurzen Ausführungen wäre erreicht, wenn der Eindruck übermittelt worden wäre, daß hier tatsächlich der Weg zu einer Vereinheitlichung aller verschiedener Methoden vorgezeichnet ist.

Diskussion:

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Ich danke Herrn Kollegen RIPPEL für den ausgezeichneten Vortrag und eröffne die Diskussion.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Das Wirkungsgesetz ist kein „Gesetz“; sondern wie das bereits Herr CHRISTIANSEN-WENIGER ausführte, eine „Regel“. Ich habe mir nie angemaßt, aus den und den pflanzenphysiologischen Gründen „a priori“ abzuleiten, daß mit der Steigerung eines Wachstumsfaktors der Pflanzenertrag in der und der Weise steigen müsse; das wäre eine Annäherung sondergleichen; denn soweit wir es heute übersehen können, wird dieses Problem für uns noch nach Hunderten von Jahren, selbst bei dem rapiden Fortschritt unserer Wissenschaften m. E. so nicht lösbar sein! Sondern ich habe stets hervorgehoben, daß ich die mathematische Formulierung des Wirkungsgesetzes auf Grund zahlreicher, ja bald unzähliger Versuchsreihen „a posteriori“ aufstellte, daß es für mich eine Arbeitshypothese war, die sich aber — und das wollen wir zugeben — als ganz ungemein fruchtbar erwiesen hat!

Wir haben durch sie einmal erkannt, daß der Pflanzenertrag nicht mehr von einem Wachstumsfaktor, dem Minimumfaktor LIEBIG's, abhängt, sondern von allen anderen Wachstumsfaktoren in gleicher Weise; und haben durch exakte Versuchsanstellung unserem a posteriori gefundenen Gesetz eine mathematische Form geben können, die wir auch im chemischen Massenwirkungsgesetz sowie bei tierphysiologischen Vorgängen wiederfanden. Es war die einfachste Annahme, welche wir der Abhängigkeit von zwei Größen, von denen sich die eine einem endlichen Höchstertage nähert, zu Grunde legen konnten, nämlich die, daß der Pflanzenertrag mit gesteigertem Wachstumsfaktor dem an diesem Höchstertage fehlenden Ertrage proportional zunahm.

Diese angenommene und durch viele Beobachtungsreihen bestätigte Regel wurde weiter konsequent ausgebaut. Sie führte zunächst zur Lehre der Konstanz des Wirkungsfaktors. Betrachten wir zunächst nur den in der Praxis überaus wichtigen Ertragsanstieg, d. h. nur ein kleines Intervall unserer Kurve, welches allerdings gerade für die praktische Landwirtschaft von außerordentlicher Bedeutung ist, so können wir hier allerdings, wie

uns das auch das Experiment lehrte, mit einer Konstanz des Wirkungsfaktors rechnen und arbeiten! —

Welche Bedeutung das für unsere ganze Düngerlehre hat, mag daraus hervorgehen, daß man nun zum allerersten Male die Wirkung der verschiedenen Nährstoffe miteinander vergleichen konnte, daß man deutlich erkannte, warum Stickstoff fast auf jedem Boden fehlen mußte und warum ein Boden vielleicht nur in 50% aller Fälle auf eine Kalidüngung reagierte. Es war das erste Mal, daß man auch einen absoluten Wertmaßstab für ein Düngemittel aufstellen konnte, und die Möglichkeit hatte, verschiedene Düngemittel, welche den gleichen Nährstoff enthalten, auf pflanzenphysiologischem Wege miteinander zu vergleichen! Das Wesentlichste aber war, daß wir nunmehr auch in der Lage waren, aus einem Düngerversuch auf den Nährstoffgehalt eines Bodens und auf sein Düngebedürfnis Schlüsse zu ziehen, und damit den Gefäßversuch Dank der pflanzenphysiologischen Vorarbeiten, hierfür der Praxis nutzbar zu machen. Wir erkannten da nicht nur, warum beim Feldversuch verhältnismäßig wenige Bodenarten auf Kali reagierten, sondern fanden auch, daß der Feldversuch dabei nur angeben konnte, daß der betreffende Boden „im Versuchsjahr“ genügende Kalimengen gehabt hatte, daß er aber nie anzugeben vermochte, ob der Kaligehalt des Bodens noch für das kommende Jahr ausreichend ist; nämlich gerade das, was der Landwirt bislang aus diesen Versuchen zu schließen pflegte! Gerade hier, in der Kali- und auch in der Phosphorsäureuntersuchung, liegt ja der den Feldversuch weit überwiegende Wert des Gefäßversuches! Durch die mathematische Formulierung, die ja für uns zunächst eine Arbeitshypothese war, ist es also gelungen, a posteriori, d. h. aus den pflanzenphysiologischen Experimenten heraus, die Grundlagen für die Bewertung der Düngemittel und die Grundlagen für die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens zu schaffen.

Lassen wir diese mathematische Formulierung fallen, ohne eine bessere an ihre Stelle zu setzen — denn daß wir das Gesetz a priori ermitteln können, daran ist zunächst garnicht zu denken! — dann fehlt uns im Augenblicke jedwede Berechtigung eines Schlusses von der Wirkung eines Düngemittels auf die eines anderen, sowie eines Schlusses von der Wirkung eines Düngers in einem bestimmten Boden auf die Wirkung des gleichen Düngers im gleichen Boden im nächsten Jahre; und noch viel weniger können wir alsdann etwas über den Einfluß irgendeiner anderen Gabe des gleichen Düngers auf den Pflanzenertrag aussagen.

Erst unter Zugrundelegung unserer Arbeitshypothese, des Wirkungsgesetzes, hat unsere ganze Düngerlehre einen quantitativeren Charakter erhalten; erst jetzt können wir dem Landwirt ganz bestimmte Vorschläge machen!

Jedwede Nährstoffuntersuchung eines Bodens muß, wenn sie irgendwie physiologisch erprobt werden soll, zunächst unsere Annahme als Arbeitshypothese in Kauf nehmen; tut sie das nicht, so hat man keine Berechtigung, aus deren Ergebnis irgendwelche Schlußfolgerungen auf die Nährstoffwirkung d. h. für die landwirtschaftliche Praxis zu ziehen.

Wir sind jetzt dabei, unsere Arbeitshypothese unter Beibehaltung ihrer Grundlagen zu erweitern und zu präzisieren, nämlich auch die durch Überdüngung eintretenden Ertragsdepressionen mit in unsere mathematische

Formulierung hinein zu nehmen. Es ist das eine Methode der Forschungsweise, welche ja auch sonst allgemein üblich ist; ich erinnere hier nur u. a. an den dritten Wärmehauptsatz oder an die durch VAN DER WAAL und weiter durch WOHL erweiterte Zustandsgleichung der Gase. Inwieweit uns das gelingen wird, und ob wir hierdurch vielleicht zu einer veränderten Formulierung unseres Gesetzes und zu weiteren sich wieder hieraus ergebenden Schlußfolgerungen kommen werden, muß die Zukunft lehren; doch wie es auch kommen mag, es tangiert nicht die bisherige Nutzbarmachung des Wirkungsgesetzes für die Landwirtschaft, Forst- und Gartenwirtschaft, wie für die Düngermittelindustrie.

Ob die Versuche mit *Aspergillus* oder *Azotobacter* den mit höheren Pflanzen entsprechen, vermag ich zurzeit noch nicht wissenschaftlich zu entscheiden; ebensowenig, ob eine Verschiebung des Maximums und der relativen Anstiegstangente vorliegt. Ich erinnere nur daran, daß man den Nullpunkt extrapolieren muß, und die Fehler bei der Berechnung der Anstiegstangente damit erheblich groß werden.

Eine Gruppeneinteilung der Böden, wie sie RIPPEL in Anwendung bringen will, erscheint mir sehr bedenklich. Man braucht sich nur vor Augen führen, daß es zwischen Bodengruppen keine Grenzen gibt. —

Prof. Dr. AUGUST RIPPEL-Göttingen: Ich möchte darauf hinweisen, daß man mit einem inkonstanten Wirkungsfaktor tatsächlich bisher in ausgezeichneter Annäherung hat arbeiten können. Das liegt daran, daß wir einigermaßen unter denselben Bedingungen arbeiten und dann in demselben Kurvenabschnitt, in dem sich Verschiebungen so wenig bemerkbar machen, daß sie keine praktische Bedeutung haben. Insofern widerspricht das absolut nicht der Auffassung der Inkonstanz des Wirkungsfaktors, wenn man sagt, daß man mit der Methode ausgezeichnet hat arbeiten können. Das bitte ich festzuhalten, damit mir nicht der Vorwurf gemacht wird, daß man es einmal so und dann wieder anders macht. Dann möchte ich kurz sagen: Die Schwierigkeiten, die einer Gruppenbildung entgegenstehen, dürfen nicht zum Verzicht auf richtige Erkenntnis führen. Das ist natürlich schwer, denn ich habe gesagt, daß es auch in der Ertragskurve nichts Feststehendes gibt. Man kann nur danach urteilen, wie man für die praktischen Verhältnisse die Sache am besten annähert.

Prof. HENDRICK pointed out that the question of the manurial requirements of plants is often a very complicated one, which depends on several factors which may work in opposite directions. It is one of the weakness of all pot methods, that they necessarily omit some of these factors. The mere requirement of a plant for potash or nitrogen or lime is comparatively simple, but the application of any of these may bring in other factors. Thus the use of nitrate or of phosphoric acid may increase root range and at once bring in the action of factors depending on water supply. HENDRICK referred as an example, certain field experiments which he is carrying out at Aberdeen on turnips. There the use of lime on an acid soil (pH about 5.8) at first increases the crop, but later, owing to the action of a disease factor the crop on the limed plots is much smaller than on the unlimed plots.

Dr. TRÉNEL: Herr Prof. HENDRICK macht darauf aufmerksam, daß die Schwierigkeiten, die in der Frage der Bestimmung des Nährstoffes des

Bodens liegen, dadurch bedingt sind, daß die ganze Erscheinung eine Komplexerscheinung ist. Er macht darauf aufmerksam, daß sehr häufig die Bedeutung vergessen wird, die die Wurzelentwicklung für die Entwicklung der ganzen Pflanze hat. Er macht weiter darauf aufmerksam, daß die Wurzelentwicklung außerordentlich von der Düngung und Witterung abhängt. Er berichtet über einen Düngungsversuch mit Wasserrüben, bei dem er durch Kalkung eine Ertragsdepression gehabt hat, weil die Versuchspflanzen erkrankten.

Prof. Dr. SAIDEL erwähnt seine schwere Lage, als ihm bei der Errichtung der Agrogeologischen Sektion des Geologischen Instituts von Rumänien die Untersuchung der Böden des Landes zum Zwecke der Förderung der Landwirtschaft des Landes aufgetragen wurde. Die MITSCHERLICH'sche Lehre hat ihm in seinen Arbeiten die allergrößten Dienste geleistet. — Unsere eigenen Arbeiten mit Prof. SISESTI haben gezeigt, daß die Werte nicht streng konstant sind, wir können sie aber jedenfalls von Fall zu Fall ermitteln. Es wird nötig sein, derartige Versuche in größter Zahl in den verschiedenen Ländern anzustellen, um über die Grenzen der Schwankungen der C-Werte unterrichtet zu werden und um zu sehen, inwieweit der Praxis mit den gewonnenen Kenntnissen gedient werden kann.

Dann aber muß der Frage der Nichtkonstanz der „C“-Werte nachgegangen und eine Erklärung gefunden werden. Zu diesem Ende möchten wir uns der Mitarbeit der namentlich an den Landwirtschaftlichen Hochschulen tätigen Pflanzenphysiologen erfreuen.

Die Erforschung der Gesetze des Pflanzenwachstums ist eine viel zu gewaltige Arbeit, als daß sie von einer einzigen oder von wenigen Forschungsstätten in absehbarer Zeit geleistet werden kann.

SAIDEL stellt die Frage, ob es nicht sehr nützlich wäre, daß die Mitglieder der IV. Kommission sich zu einer Mitarbeit an der Frage der Erforschung der Gesetze des Pflanzenwachstums verstehen würden.

Dr. E. M. CROWTHER-Rothamstedt: In most discussions on laboratory or pot culture methods for estimating fertiliser requirements or nutrient contents of soils, it is not sufficiently realised that the field experiments with which they should be compared are quite inadequate both in design and statistical treatment. With sufficiently accurate field experiments and an adequate empirical equation connecting yields with the amounts of added fertiliser, it should be possible to evaluate the effective nutrient content of the soil in terms of an equivalent amount of the fertiliser added. Most of the expressions hitherto used suffer from the fact that the numerical value of their constants change with alterations in some other facts or from experiment to experiment. Only when a formula can represent satisfactorily responses to the simultaneous variation of more than one factor is it likely to prove of general application; and to yield information in terms of independent and measurable quantities. Field or pot experiments intended to test the validity of any yield equation should have two simultaneously varied factors. The essential feature of MITSCHERLICH's equation is that the ratio of the yields at two levels of supply of any one factors, e. g. nitrogen, should be independent of the amount of all other factors, e. g. mineral manures

(— since $y_1/y_2 = A(1-e^{-Cx_1})/A(1-e^{-Cx_2}) = (1-e^{-Cx_1})/(1-e^{-Cx_2})$)

is independent of A and of all other variables than x under the conditions of the experiment. The Rothamsted permanent wheat experiments and many others have shown that this condition is not fulfilled. The percentage increase in yield due to nitrogen addition is much higher when minerals manures are added than when no minerals are added.

Great progress in the design and statistical treatment of field experiments has been made by the work of Dr. R. A. FISHER at Rothamsted and one of his colleagues, Mr. B. BALMUKAND, J. Agric. Soc. (1928) 28, 602, has made an important contribution to the formulation and testing of a new yield equation. In a general formula proposed originally, by Dr. E. MASKELL, the difference of the reciprocals of the yields at two levels of supply of one nutrient should be independent of the other factors. By an electrical analogy the proposed expression may be termed a „resistance formula“. Its general expression is:

$$1/y = f(N) + f(K) + \dots + C$$

where y is the yield, and f(N) are some functions of the amounts of nitrogen, potash added and C is a constant. A special resistance formula is proposed in which f(N) becomes $\frac{A n}{n+N}$ where N is the amount of a nutrient added, a_n and n are the constants found by fitting the equation to the experimental points, n (which is similar MITSCHERLICH's b) measures the original nutrient content of the unmanured soil and a_n is probably a constant for the particular crop tested. It has been shown for both pot and field experiments in which two manurial factors were varied together that this expression fits the facts whether the limits of experimental error estimated from the experiments themselves. The estimate of the amount of nutrient in the soil (n, k, etc.) has been found to agree with that calculated from the amounts added in the seed in water and sand cultures. It will provide a much more reliable estimate for comparison with chemical analyses than has hitherto been possible. The numerators ($a_n, a_k \dots$) should be constant for each crop and variety. They measure the importance of a particular nutrient contents of the crops under conditions of a short age of the particular nutrient. Although the formula has proved adequate for all the data to which it has been applied, a considerable increase in the precision of field experiments will be required before its possibilities can be fully utilised and a desirable degree of accuracy obtained in the estimation of the amounts of available nutrients in the soil.

Dr. TRÉNEL: Im wesentlichen hat Dr. CROWTHER ausgeführt, daß die langjährigen Versuche mit Weizen in Rothamsted die von MITSCHERLICH behauptete Konstanz des Wirkungsfaktors nicht bestätigt haben. Der Wirkungsfaktor für Stickstoff ist bei Volldüngung erheblich höher. FISHER, BALMUKAND und MASKELL haben deshalb auf Grund statistischer Auswertung der Rothamsteder Dauerversuche versucht, eine andere Formel aufzustellen. Nach diesen Forschern ist

$$1/y = f(n) + f_1(k) \dots + C,$$

in der y der Ertrag und n bzw. k die angewendeten Mengen an Stickstoff, Kali, Phosphorsäure sind. C ist eine Konstante. $f(n)$ wird noch spezieller formuliert als $\frac{a_n}{n+N}$; n , das MITSCHERLICH's b entspricht, drückt den Nährstoffgehalt des ungedüngten Bodens aus; a_n , a_k usw. sind für jede Ernte und Art konstant und werden empirisch aus der Ertragskurve entnommen,

DER EXAKTE FELDVERSUCH

Von Ing. chem. Direktor KVAS-Brünn (Brno)

In der letzten am 21. September 1926 in Düsseldorf abgehaltenen Tagung der Kommission „Zur Erforschung der Bodenfruchtbarkeit“ wurde beschlossen, auch den Feldversuch unter die pflanzenphysiologischen Methoden zur Feststellung des Düngerbedürfnisses der Böden einzureihen. Der oben genannte Referent wurde mit der Ausarbeitung der Richtlinien des Feldversuches betraut, die sodann dem Kongresse der Bodenkundlichen Gesellschaft in Washington (1927) vorgelegt werden sollten. Leider hatte dies eine schwere Krankheit des Referenten verhindert, und so ergibt sich nun die Pflicht — um der Aufgabe näher zu kommen — diesbezügliche Vorschläge der heutigen Tagung vorzulegen.

Unter Berücksichtigung der in Düsseldorf festgelegten Richtlinien hat der Referent das beiliegende Schema zur Anstellung von Feldversuchen ausgearbeitet. Es ist evident, daß sich eine Internationalisierung der Feldversuche nicht vorschreiben läßt; so muß man z. B. die Wahl der Versuchsf Flächen, die Größe der Parzellen, wie auch die Technik der Versuchsführung, die statistische Bearbeitung usw., je nach Land, Pflanze, Boden oder der zu lösenden Frage individualisieren. Es wird jedoch möglich sein allgemeingültige Beobachtungspunkte vorzuschlagen, zu deren Folge der Feldversuch einen exakteren und allgemein zu würdigenden Charakter annehmen kann. Dies auszuarbeiten wäre nun die Aufgabe der Kommission.

DER FELDVERSUCH

Sehr oft wird durch Vernachlässigung wichtiger Punkte ein exakter Feldversuch unbrauchbar oder fraglich. Um diesem vorzubeugen, hat der Referent, auf Grund der langjährigen eigenen Erfahrungen und der im Verbande der tschechoslowakischen Versuchsstationen ausgearbeiteten Richtlinien, das beigelegte Schema ausgearbeitet und erlaubt sich, auf folgende wichtige Beobachtungsrichtungen aufmerksam zu machen:

I. Angaben über den Standort

Diese beziehen sich auf: A. Die Situation (Schlag, Seehöhe, Ausmaß des Feldes und der Parzellen), B. Die Lage des Feldes (Hügel, Neigung, Tal, Himmelsrichtung), und C. Die landwirtschaftliche Eignung des Versuchsubjektes (Bonitätsklasse, Kulturzustand, Meliorationen usw.).

II. Die bodenkundliche Beschreibung kommt als nächster Punkt in Betracht. Hier wäre die Beschreibung der an Ort und Stelle beobachteten Bodenbeschaffenheiten zu notieren d. h.:

- A. Der geologisch-petrographische bzw. genetische Bodentypus.
- B. Tiefe der Bodenhorizonte und
- C. Deren Zusammensetzung, Farbe, Humifizierungsgrad und Struktur.

Dann folgt die Bodenanalyse im Laboratorium:

- A. Die mechanische Analyse soll nach den Bestimmungen der ersten Kommission (für Bodenphysik) vorgenommen werden.
- B. Für die chemische Analyse der Pflanzennährstoffe erlaubt sich der Referent vorläufig die 1% Zitronensäure-Lösung (Methoden: KÖNIG, HASENBÄUMER, LEMMERMANN) vorzuschlagen und evtl. nach dem Budapester Beschluß die 10% ige Salzsäure.
- C. Von physikalisch-chemischen Methoden ist nur die elektrometrische Bodenaziditäts-Messung angeführt. (Weitere Vorschläge wären wünschenswert.)

III. Sehr wichtig sind die klimatischen Verhältnisse

Von diesen soll zuerst eine allgemeine, durchschnittliche Jahresangabe verlangt werden, worauf eine eingehende Tagesbeobachtung der Temperatur und der Niederschlagsmengen usuell sein sollte (siehe Tabelle I).

IV. Während des ersten Versuchsjahres wären zu berücksichtigen:

- A. Angaben allgemeinen Charakters (Art der Bodenbearbeitung, Düngung, Fruchtfolge, letzte Vorfrucht).
- B. Vorbereitungsarbeiten (Schälen des Stoppelfeldes, Pflügen, Eggen usw.).
- C. Versuchsdüngungen (Art und Zusammensetzung der Dünger, deren Anwendung usw.).
- D. Die Aussaat bzw. Anbau (wie: Art des Beizens, Sorte, Saattiefe, Menge, Pflanzmethoden usw.).
- E. Kultur und Pflege (Behacken, Vereinzeln, Zuwalzen usw.).

V. Es folgen tägliche Vermerkungen über den Witterungsverlauf während der Wachstumszeit (laut Tabelle I).

VI. Vegetationsbeobachtungen

Hierbei wäre zu berücksichtigen: Das Auflaufen, die Widerstandsfähigkeit gegen Überwinterung, Lagerung, Schädigung durch Unkräuter, Schädlinge und Krankheiten usw. (laut Tabellen II, a—d).

VII. Ernte

Der Erntetag und die Witterung während der Ernte sind zu notieren. Die sonstigen Arbeiten und die Beurteilung der Ernteerträge wie auch der Erntequalität einzelner Pflanzen ist in den beigefügten Tabellen III, a—d, und Tabellen IV, a—d, genauest vorgemerkt.

VIII. Falls der Versuch durch ein zweites und drittes, eventuell weiteres Jahr zu führen wäre, sind dieselben Punkte wie unter IV., A—E. V.—VII. angedeutet, zu berücksichtigen.

IX. Beurteilung der gesamten Versuchsergebnisse

Die Beurteilung erfolgt je nach den zu lösenden Fragen. Sämtliche Daten sind mit den Abweichungen des wahrscheinlichen Fehlers zu versehen und demnach zu würdigen. Einzelne Jahrgänge sind für sich und im Zusammenhang abzuschätzen, und erst dann sind Schlußfolgerungen zu ziehen.

X. Über sonstige Aufgaben wie: Ausgleichsberechnungen der Bodenunterschiede, Größe der Versuchsparzellen, deren Form, Wiederholung, Fehlerberechnung usw., sowohl wie über Anleitungen für Düngung spezieller Pflanzen (Hopfen, Weinrebe, Gemüse usw.) wäre ratsam, in einer selbständigen Subkommission zu verhandeln und Einigkeit anzustreben.

VORSCHLAG

EINES SCHEMAS FÜR WICHTIGE BEOBACHTUNGEN
BEI FELDDÜNGUNGSVERSUCHEN

VERSUCH NR.

Versuchsansteller:

Land:

Versuchsort:

Politischer Bezirk:

Nächste Eisenbahnstation:

Natürliches Gebiet:

Leiter des Versuches:

I. ANGABEN ÜBER DEN STANDORT DES VERSUCHES

A. Situation

- a) Katastralgemeinde (Name):
- b) Name des Schlages (Riedes) und Parzellennummer:
- c) Seehöhe des Versuchsortes:
- d) Ausmaß des ganzen Feldes:
- e) Ausmaß der Versuchsfläche:
- f) Ausmaß einer Versuchsparzelle:

B. Lage und allgemeiner Charakter des Versuchsobjektes

- Lage des Feldes (Hügel, Tal):
- Neigung der Versuchsfläche zur Himmelsrichtung:
- Nähere Beschreibung der Lage der Versuchsparzellen (Nähe von Wäldern, Teichen, Flüssen, Straßen usw.):

C. Beschreibung der landwirtschaftlichen Eignung des Versuchsobjektes

- Örtliche Erfahrungen über das Versuchsobjekt (trocknet rasch oder leicht aus, verkrustet, leidet an Nässe usw.):
- Katastral(Bonitäts)-Klasse:
- Kulturzustand des Versuchsfeldes (guter, frei von Unkraut usw.):
- Stand der Meliorationen:

D. Bodenkundliche Beschreibung

- Geologisch-petrographische Beschreibung (bzw. genetischer Bodentypus)
z. B. alluviale Sandablagerung:
- Lagerung und Zusammensetzung des Bodens:

Ackerkrume	Beschreibung (Farbe, Humifizierung, Zusammensetzung)	Struktur
bis 50 cm	z. B. grauer, humoser, toniger Lehm	z. B. krümlig
I. Untergrund: 50—100 cm	"	"
II. Untergrund: 100—200 cm	"	"

- Bodenanalyse:

1. MECHANISCHE ANALYSE

a. Feinerde

	Ackerkrume: (Tiefe 10—20 cm)	Untergrund: (Tiefe 50—60 cm)
Abschlämmbare Teilchen (unter 0,01 mm)	0/0	0/0
Staub (0,01—0,05 mm)	0/0	0/0
Staubsand (0,05—0,1 mm)	0/0	0/0
Sand (0,1—2,0 mm)	0/0	0/0
	<hr/> 0/0	<hr/> 0/0

β. Bodenskelett

Korngröße von 2—5 mm	0/0	0/0
Korngröße von 5—10 mm	0/0	0/0
Korngröße von über 10 mm	0/0	0/0
	<hr/> 0/0	<hr/> 0/0

2. CHEMISCHE ANALYSE

	Ackerkrume:	Untergrund:
Hygroskopisches Wasser	0/0	0/0
Glühverlust	0/0	0/0
Humus	0/0	0/0
Gesamt-Stickstoff (N)	0/0	0/0

In 1%iger Zitronensäure lösliche Pflanzennährstoffe:

	Ackerkrume:	Untergrund:
Kali (K_2O)	0/0	0/0
Phosphorsäure (P_2O_5)	0/0	0/0
Kalk (CaO)	0/0	0/0
Magnesia (MgO)	0/0	0/0
Verhältnis von $CaO : MgO$		
Bodenazidität (elektrometrisch): Vor dem Versuch		
" " Nach dem Versuch		

E. Klimatische Verhältnisse

- Durchschnittliche Menge der jährlichen Niederschläge: z. B. 400 mm.
- Durchschnittliche Jahrestemperatur:
- Minimum der durchschnittlichen Jahrestemperatur:
- Maximum der durchschnittlichen Jahrestemperatur:

II. ERSTES VERSUCHSJAHR

A. Angaben allgemeinen Charakters

- Art der Bodenbearbeitung:
- Düngung des Versuchsfeldes in den letzten 3 Jahren vor dem Versuch:
(Wann, womit und wie stark wurde pro 1 ha gedüngt?)
- Fruchtfolge:
- Letzte Frucht vor dem Versuch:

B. Vorbereitung des Bodens zum Versuch

- Tag des Schälens des Stoppelfeldes:
- Wann und wie tief wurde gepflügt:
- Tag des Eggen: (Walzens usw.)

C. Versuchsdüngung

- Zusammensetzung und Art der angewandten Düngemittel:
z. B. Superphosphat vom Gehalte 17% wasserlöslicher P_2O_5
Kalisalz vom Gehalte 39% K_2O
Chilisalpeter vom Gehalte 16% N
Stalldünger gut verrottet
- Wann und wie wurden die Düngemittel angewendet:
z. B. Superphosphat und Kalisalz wurden am 25. März 1926
breitwürfig zerstreut, dann eingeeget
Chilisalpeter wurde am 24. Mai als Kopidünger angewendet.

D. Saat

- a) Herstellung des Saatgutes (Art des Beizens usw.):
- b) Güte des Saatgutes (evtl. Angaben bei Krankheitserscheinungen):
- c) Name der Sorte:
- d) Säemaschine, Skalenummer, Anzahl und Entfernung der Reihen der Säemaschine usw.:
- e) Tag der Aussaat und Witterung bei der Saat:
- f) Saattiefe:
- g) Aussaatmenge pro 1 ha in kg:
- h) Sonstige Angaben (falls gepflanzt, gedrillt usw.)

E. Kultur und Pflege der Pflanze

- a) Tag des Behackens:
- b) Tag der Vereinzelnung (Rübe usw.):
- c) Sonstige Pflege (Behäufelung, Umpflanzen, Zuwalzen, Pflücken usw.):

F. Kurze tägliche Vormerkungen über die Witterung
in der Wachstumszeit

(Tabelle I)

G. Beobachtungen während der Vegetationszeit

- a) Angaben über das Auflaufen der Parzellen (Vollständigkeit und Gleichmäßigkeit):
- b) Widerstandsfähigkeit der Parzellen gegen Überwinterung (Auswinterung, Schwund oder sonstige Unterschiede bei den verschieden gedüngten Versuchspartzen):
- c) Widerstandsfähigkeit einzelner Parzellen gegen Witterungseinflüsse:
 - 1. Lagerung (wann und wie?):
 - 2. Schädigungen durch Hagel, Sturm und ähnliches:
 - 3. Schädigungen durch
 - a) Unkräuter (welche und in welchem Ausmaß?):
 - b) Tierische Schädlinge (dgl.):
 - c) Krankheiten (dgl.):

(Tabelle II, Vegetationsbeobachtungen).

H. Ernte

- a) Erntetag (Dauer der Ernte):
- b) Witterung der Erntezeit:
(Erntetabellen III, IV. — Quantitäts- und Qualitäts-Tabelle).

III. ZWEITES VERSUCHSJAHR (NACHWIRKUNG)

A. Vorbereitungen des Bodens

- a) Wann wurde das Stoppelfeld geschält?
- b) Wann und wie tief wurde gepflügt?
- c) Sonstige Arbeiten (Eggen, Walzen usw.):

B. Düngung

- a) Falls zuge düngt, wie, wann und mit welchen Düngemitteln?
z. B. Zuckerrübe wurde am 4. April 1926 an allen Versuchs-
parzellen (auch denen im 1 Jahre ungedüngten) gleich-
mäßig mit 16% Chilisalpeter als Kopfdünger behandelt.

C. Saat

So wie im Jahre (siehe II., D.)

D. Kultur der Pflanzen während der Vegetationszeit
Dgl. (siehe II., E.)

E. Tägliche Notierung der Witterung

Siehe Tabelle.

F. Vegetationsbeobachtungen

Siehe Angaben unter II., G. sowie Tabelle II.

G. Ernte

(Quantitäts- und Qualitätstabellen).

IV. DRITTES EVTL. VIERTES VERSUCHSJAHR

Falls weitere Nachwirkungen der Düngemittel geprüft werden sollen
(z. B. während einer ganzen Fruchtfolge), bleiben die Notierungen der
Arbeiten und Beobachtungen dieselben, wie im zweiten Jahre, unter III.,
A. bis G.

V. BEURTEILUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Die Beurteilung der Versuchsergebnisse richtet sich je nach der zu
lösenden Frage. Bei langjährigen Versuchen ist jedes Jahr für sich zu
behandeln und eine Schlußfolgerung des beendeten Versuches zu ziehen.
Sämtliche statistische Daten sind mit der Abweichung des wahrscheinlichen
Fehlers zu versehen.

Versuchsanstalt, Brno, den 29. Juni 1929
(Tschechoslowakei).

Versuchsort:

Jahr:

Jahr:

Versuchsort:

Tabelle I. Verteilung und Stärke der Niederschläge.

T a g	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Sonstige Bemerkungen
	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	Temperatur in °C	mm Niederschläge	
1																									
2																									
3																									
.																									
29																									
30																									
31																									
	Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		Mittlere Tagestemperatur in °C		
	Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		Summe der Niederschläge		
	-6,2	47,9																							

Zeichen für:

Regen: ●

Frost: []

Nebel: ≡

Sturm: ⚡

Tau: ☽

Gewitter: ⚡☽

Falls kein Regenmesser zur Hand, kann die Niederschlagsmenge auch annähernd angedeutet werden, z. B.: Starker Regen: Dauer
Mittlerer Regen: Dauer
Schwacher Regen: Dauer

Jahr:

Versuchsort:

IIa. Tabelle der Vegetationsbeobachtungen bei Getreide.

Nr. der Versuchszelle, Art der Düngung	1	2	3	4	5	NPK
Tag der Aussaat						
Art und Datum der Kultivationsarbeiten nach der Saat						
am						
nach Tagen						
Stand im Herbst						
Stand im Frühjahr						
Zeit						
Dauer						
Gleichmäßigkeit in Pflanzen						
Durchschnittszahl						
Mächtigkeit schwach — mittel — stark						
Zeit des Beginnens						
Anzahl der Tage von der Saat bis zum Beginn						
Zeit des Abblühens						
Anzahl der Tage von der Saat bis zum Abblühen						
Witterung beim Blühen						
Unterschiede in Farbe der Blätter und Halme						
Widerstandsfähigkeit gegen Nässe, Dürre — Lagerfestigkeit						
Befall durch Krankheiten oder Schädlinge						
Beschädigung durch Unwetter, Hagel, Frost						
Zeit						
Vegetationszeit						
Gleichmäßigkeit in der Reife						
Sonstige Beobachtungen						

Jahr:

Versuchsort:

IIb. Tabelle der Vegetationsberechnungen bei Rübe

Art der Düngung und Nr. der Versuchsparallele	Tag und Art der Aussaat	Tag und Art der Kultivierungsarbeiten nach der Saat	Auflaufen			Tag und Art der Kultur		Zahl der Schossenrüben	Blatt			Beobachtete Krankheiten und Schädlinge	Reifezeichen	Sonstige Bemerkungen
1 0			am	Tage nach Saat	Gleichmäßigkeit	Behackung	Vereinzelung		Habitus gerade — ausgebreitet	Farbe licht — dunkel	Blattspreite gekräuselt — klatt — glänzend			
2 NP														
3 NK														
4 PK														
5 NPK														

Jahr:

Versuchsort:

IId. Tabelle der Vegetationsbeobachtungen an Wiesen und bei Weidepflanzen

Nr. und Art der Düngung	Ge- düngt am	Bestands- änderungen		Tag und Art der Kultivationsarbeiten	Charakter und Aussehen des Bestandes vor dem Schnitte								Sonstige Beob- achtungen	
		Auswinterung	Widerstandsfähigkeit gegen Nässe und Dürre		1. Schnitt									2. Schnitt
					Unterschiede im Bestande	Farbe Hochgrün — dunkel — gelb	Saure Gräser	Süße Gräser	Klearten und sonstige Schmetterlingsblätter	Sonstige wichtige Gräser und Pflanzen	Moosbestand	(Desgleichen wie beim 1. Schnitt)	(Desgleichen wie beim 1. Schnitt)	
1 O														
2 NP														
3 NK														
4 PN														
5 NPK														

e*

Parzellen-Nr. und Art der Düngung	1	2	3	4	5
	O	NP	NK	PK	NPK
Ernte	Tag des Schnittes				
	Tag des Einfahrens				
	Reifegrad beim Schnitt vollreif — gelbreif — totreif				
Verunkrautung stark — mittel — schwach					
Tag des Drusches					
Erntegewicht (einschl. des Probe- druschmusters)	auf dem Felde beim Schnitt				
	in der Scheuer beim Drusch				
	Gewichtsdifferenz				
Gewicht der ausge- droschenen Ernte	Körner				
	Stroh und Spreu				
Probe-(Muster)Drusch Gewicht		am Felde			
		beim Drusch			
gesamt		Körner			
		Stroh und Spreu			
Verhältnis von Korn zu Stroh Korn %					
Ertrag pro ha in 100 kg	Gesamt				
	Körner				
	Stroh und Spreu				
Qualität der Ernte in der Trocken- substanz:	Trockensubstanz %				
	Stärke %				
	Protein %				
	Sonstige Bestimmungen in %				

Jahr:

Versuchsort:

III a und IV a. Erntetabellen für Getreide (Ertrag und Qualität)

Jahr:

Versuchsort:

IIIb und IVb. Erntetabellen für Rüben (Ertrag und Qualität)

[illegible]

Jahr:

Versuchsort:

III und IVd. Erntetabellen für Wiesen und Weidepflanzen (Ertrags- und Qualitätstabellen)

Parzellen-Nr. und Art der Düngung	1. Schnitt						1. Schnitt						Chemische Analyse des Musters			2. Schnitt	3. Schnitt	Ertrag pro ha in 100 kg Trockenmasse	Gesamtertrag
	Tag des Schnittes	Witterungsverlauf während der Ernte	Gras	Ertrag pro Parzelle an	Gewicht des Musters		% Trockensubstanz	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% CaO	% O	% Protein	Sonstige Analysen in %	(Desgl. wie beim 1. Schnitt)	(Desgl. wie beim 1. Schnitt)				
					frisch	trocken													
1 O																			
2 NP																			
3 NK																			
4 PK																			
5 NPK																			

Diskussion:

Prof. Dr. ZIELSTORFF: Der Referent hat unter anderem die physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden erwähnt; was nun die ersteren anbetrifft, so dürfte sowohl die Sieb- wie die Schlämmanalyse nur noch historischen Wert haben, irgend welche praktische Bedeutung hat sie m. E. in dieser Frage nicht; was nun die chemische Untersuchung anbetrifft, so schlägt der Referent vor, um aus dem Chaos der verschiedenen Lösungsmitteln herauszukommen, für die Zukunft eine 10%ige HCl-Lösung zu verwenden; auch dieses bedeutet nichts neues, und derartige Untersuchungen haben keinen oder einen nur sehr bedingten Wert, es dürfte daher wohl besser und richtiger sein, die chemischen Untersuchungsmethoden zunächst fallen zu lassen und an deren Stelle die anderen Methoden, die Feld- und Topfversuche, die NEUBAUER-Methode mehr auszubauen, da wir mit deren Hilfe schon recht gute und brauchbare Ergebnisse für die Praxis erzielt haben.

Dr. TRÉNEL: Zu den Ausführungen des Herrn Direktor KYAS möchte ich mir formell eine Berichtigung erlauben. Wir haben in Budapest, soweit ich unterrichtet bin, nicht beschlossen, daß 10- oder 20-prozentige Salzsäure als Lösungsmittel zur Kennzeichnung des Nährstoffbedarfs benutzt wird. Die Tagesordnung enthielt: 1. den Salzsäureauszug, aber nicht zur Kennzeichnung des Düngerbedarfs, sondern nur zur chemischen Charakterisierung des Bodens ohne Rücksicht auf die Frage, die uns hier interessiert. Am dritten Tage haben wir dann über chemische Methoden zur Bestimmung des Nährstoffbedarfs der Pflanze gesprochen, in dem Sinne, wie wir heute verhandeln. Da erscheint die 10%ige Salzsäure nicht.

Ingenieur Chem. Direktor KYAS gibt zwar zu, daß die Ergebnisse der einzelnen chemischen Methoden etwa nur in 25—30% der Fälle mit den Feldversuchen übereinstimmen, ist aber der Meinung, die chemische Analyse doch in die Beobachtungspunkte der Feldversuche mit einzubeziehen, da man durch Vergleich sämtlicher Daten einen Einblick in die Bodenbeschaffenheit gewinnen kann. Es wäre zu entscheiden, welche von den chemischen (evtl. physiologischen) Methoden als verbindlich aufzufassen wären.

Dr. ARRHENIUS-Stockholm: Direktor KYAS ist der Meinung, daß wir den Feldversuch nicht als Standard gebrauchen können. Das kann für theoretische Versuche wahr sein; aber wir arbeiten auch zu praktischen Zwecken und daher müssen wir doch überall, wo wir nicht die Übereinstimmung finden, zu den Laboratorien- oder den Gefäßversuchen den Feldversuch als Standardversuch ansehen. Der Feldversuch allein gibt die praktischen Verhältnisse wieder.

In discussing Prof. KYAS paper Prof. LIPMAN pointed out the following:

1. Rigidly analyzed and managed field experiment plans may have for their principal objective the establishment of fundamental facts and relations such as, for example, the determination of nitrogen gains and losses under any given set of conditions, base exchange, texture and structure, the reciprocal influence of different types of soil micro-organism on one another, etc.

2. They may be planned to deal with the properties and plant food requirements of different soil types.
3. They may have for their major purpose the determination of the relation of soil characteristics to the quality of crops.
4. They may undertake to answer questions that are purely local and temporary in character, particularly such as may have to do with cultural methods and cost accounting.

A careful study of these various objectives will facilitate the establishment of satisfactory field experiments and the effective interpretation of the data obtained.

Dr. TRÉNEL: Prof. LIPMAN macht darauf aufmerksam, daß die Fragestellung bei einem Feldversuch scharf herausgearbeitet werden muß. Es kommt darauf an, was man mit dem Feldversuch feststellen will. Wir in Deutschland z. B. legen in erster Linie Wert darauf, mit dem Feldversuch den Düngerbedarf des Bodens zu erkennen. Aber diese Frage ist nicht allein von Bedeutung. Ebenso wichtig sind die Fragen, wie die Zusammensetzung der Früchte, ihre Qualität vom Bodentypus abhängen, oder wie sich die chemischen, physikalischen und biologischen Verhältnisse im Boden ändern. Wichtig ist ferner die ökonomische Frage ohne Rücksicht auf die wissenschaftliche, ob der Landwirt tatsächlich durch die Düngung die man ihm anrät, pekuniäre Vorteile erwarten darf. Prof. LIPMAN will offenbar durch seine Ausführungen den Rahmen der ganzen Fragestellung erweitern.

Dr. ESCHENHAGEN, Landwirtschaftskammer Stettin: Der Feldversuch dient zweierlei Zielen:

1. um dem praktischen Landwirt zu Düngungsmaßnahmen zu raten,
2. als Vergleichsmaßstab (Standard) verschiedener Untersuchungsmethoden.

Dieser Standard ist nicht zu entbehren, daher muß diese Art des Feldversuchs eine möglichst genaue Charakteristik erfahren. Es müssen möglichst alle Momente fixiert werden, die beim Versuch vorlagen. Die Ausschüttelung des Bodens mit 10% HCl wird als gutes Hilfsmittel angesehen, da dadurch relative vergleichbare Werte gewonnen werden. Die Bezeichnung der Bodenarten muß strenger erfolgen, daher sollte das Punktiersystem nach Prof. STREMMER-Danzig mit herangezogen werden. Bezeichnungen, wie z. B. humoser Sand oder sandiger Lehm usw., werden zu subjektiv empfunden. — Die Wasserführung im Boden spielt eine bedeutende Rolle bei den Ernährungsvorgängen und in Verbindung damit sollte auch das hygroskopisch gebundene Wasser nach MITSCHERLICH bestimmt werden. Die Hygroskopizität wird ein wertvolles Kennzeichen des Bodens abgeben. Prof. HOFFMANN-Königsberg hat diese Methode mit Erfolg bei der Feststellung der Luzerne-Anbaufähigkeit benutzt.

Ingenieur Chem. Direktor KYAS: Mit Hinweis auf die vorgelegten Tabellen betont der Referent, daß der Feldversuch beim Vergleich verschiedener Arbeitsrichtungen nicht, wie Dr. ARRHENIUS es will, als Standardmethode aufgefaßt werden kann. Man sieht aus den Tabellen, daß die

physiologischen Methoden (MITSCHERLICH-NEUBAUER) gut übereinstimmen, desgleichen auch die auf chemischer Basis beruhenden (10% HCl und 1% Zitronensäure); dagegen ergibt der Feldversuch springende Werte, die weder mit der einen noch der anderen Gruppe der Versuchsmethoden in Einklang zu bringen sind. Für praktische Zwecke ist der Feldversuch, unter Berücksichtigung der in dem Vorschlage angegebenen Beobachtungspunkte, ein Maßstab, in welchen Ertragsgrenzen sich die Ernte der betreffenden Pflanze am betreffenden Versuchsfelde bewegen werden, d. h. wie zu düngen wäre.

Auf den Einwand von Prof. Dr. LIPMAN erwidert Direktor KYAS, daß er die Qualität der durch verschiedene Düngung erzielten Ernten in seinem Entwurfe berücksichtigt haben. Die Qualität soll untersucht werden, wie in den Tabellen IV, a—d, neben den Ernteerträgen, angegeben ist.

Dr. KONOLD-Danzig erläutert im Anschluß an ESCHENHAGEN die Methode der STREMMER'schen Bodenaufnahme. STREMMER hat ein eigenes Punktiesystem, nach dem er den Boden aufnimmt. Die Versuchsfelder werden aufgedigelt, um Bodenverschiedenheiten in den Einzelparzellen festzustellen und um Vergleiche der Versuchsergebnisse mit den Bodenaufnahmen durchführen zu können. Die Arbeit, die bei dieser Aufnahme geleistet werden muß, ist zu groß, so daß in den Versuchsringen nicht allgemein damit gearbeitet werden kann.

Direktor Dr. STRÖBELE-Ludwigshafen: Ich habe nicht die Beobachtung machen können, daß die Methode STREMMER zur Beurteilung der Bewertung eines Feldversuches herangezogen werden kann!

Dr. CROWTHER-Rothamstedt: In considering the relative importance of field and laboratory experiments on the estimation of nutrients in the soil and the standardisation of field experiments, it seems necessary to draw a distinction between two types of field experiment. Just as in our laboratories we have some methods for rapid analyses and, others for fundamental research and for the standardisation of methods, so in our field experiments we need fairly simple trials to assist in advising local farmers and much more elaborate and more accurate experiments to test fundamental points. Before we can obtain satisfactory laboratory methods for estimating the available nutrients in soils we must have many very accurate field experiments in which preferably two or even more fertilisers are given in various combinations. From such experiments it would be possible, in the first place, to establish some empirical equation for a yield-fertiliser relationship and then, secondly, to use this equation to estimate the effective nutrient content of the soils in these experiments. At the present time our field trials are generally purely qualitative tests for the presence or absence of a response to a fertiliser treatment. It would probably be more profitable to give more attention to the most difficult but at the same time the most important aspect of these fertiliser questions viz. the improvement of the design and accuracy of our field experiments.

Dr. TRÉNEL: Herr Dr. CROWTHER meint, man müßte scharf den Zweck des Feldversuchs unterscheiden. Es ist ein Unterschied ob man dem Landwirt eine praktische Anweisung geben will oder in wissenschaftlicher Hinsicht eine

Frage prüfen will. Wenn man dem Landwirt raten will, genügt ein einfacher qualitativer Feldversuch. In wissenschaftlicher Hinsicht ist die Frage heute noch nicht zu entscheiden, welche von den Methoden, die bisher zur Diskussion standen, richtige Werte ergibt. Der Feldversuch muß noch sorgfältig ausgebaut werden, wenn er Aufschluß über die Beziehung zwischen Düngung und Ertrag geben soll.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Wünscht die Kommission Stellung zu nehmen zu den Vorschlägen des Kollegen KYAS?

Dr. ARRHENIUS: Es wäre am besten so lange zu warten, bis wir die Vorschläge durchstudiert haben. Es ist ja eine große Arbeit, die Kollege KYAS geleistet hat. Es geht nicht, daß wir das Material in einer halben Stunde oder in einer Stunde durcharbeiten, sondern ich bitte, uns Gelegenheit zu geben, daß wir es studieren dürfen, um dann später dazu Stellung nehmen zu können.

Dr. STROEBELE: Ich glaube auch, daß die Arbeiten zu umfangreich sind; ich möchte glauben, daß wir für die Feldversuche mit etwas einfacheren Sachen auskommen könnten. Ich empfehle, daß man bei Feldversuchen eine Einteilung trifft, und zwar einmal nach Schauversuchen, die das dem Landwirt bringen könnten, was er braucht, ihm also schaumäßig zeigen, ob das Düngemittel wirkt oder nicht; aber für die exakten Versuche brauchen wir eingehende Notizen und Aufschreibungen in der Art, wie sie hier vorgelegt wurden. Es bestehen in den einzelnen Ländern schon Vorschriften, Normen, Tabellen für derartige Versuche. Ich erinnere daran, daß z. B. in Deutschland die Tabellen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft bestehen. Ich möchte fragen, ob es nicht zweckmäßig ist, daß man Veranlassung nimmt, das, was in den einzelnen Ländern da ist, zu vergleichen mit dem Vorschlag, der vorgelegt wurde. Vielleicht kommen wir dann zu einem kombinierten und zu einem einheitlicheren und einfacheren System. Ich glaube, man kann es auf diesem Gebiet doch nicht einfach genug machen. Wenn wir es zu kompliziert machen, erreichen wir nicht das, was wir wollen.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Es ist von Kollegen Dr. ARRHENIUS der Ver tagungsantrag gestellt, und dem stimmt auch Dr. STROEBELE bei. Wir würden dann die Sache bis zum Kongreß vertagen, und ich hoffe, daß jeder von uns die Sache nun an Hand des wertvollen Materials, welches Kollege KYAS zur Verfügung gestellt hat, so durcharbeitet, daß wir dann zu irgend welchen direkten Beschlüssen kommen werden.

Ist das die Ansicht der Kommission? Das Wort hat Kollege KYAS.

Ingenieur Chem. Direktor KYAS-Brünn: Selbstverständlich bin ich der Ansicht, daß eine Kommission zunächst meine Vorschläge prüfen soll. In vielen Ländern gibt es bessere Methoden, welche berücksichtigt werden müssen. Es wäre besser, wenn wir sämtliches Material sammeln und es erst im Kongreß vorlegen. Es sollte ja schon auf dem ersten Kongreß in Washington geschehen; ich war aber durch Krankheit leider verhindert, es früher fertigzustellen.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Ich darf Kollege KYAS den Dank der Kommission für seine wertvolle große Arbeit zum Ausdruck bringen.

GEFÄßVERSUCH NACH MITSCHERLICH

Von Prof. Dr. MITSCHERLICH-Königsberg

Auf die Methode meines Gefäßversuches einzugehen, würde hier zu weit führen; ich darf wohl auch annehmen, daß diese den Herren bekannt sein dürfte; im übrigen wird sich ja auch auf den Exkursionen die Gelegenheit bieten, darüber zu sprechen.

Nur einige neuere Ergebnisse möchte ich hier mitteilen:

Im Vorjahre haben wir, dank einer größeren Reihe von Mitarbeitern, allein 141 vergleichende Gefäß- und Feldversuche angestellt. Leider konnten von diesen infolge der Ungunst der Verhältnisse 24 Feldversuche nicht geerntet werden, so daß für die Gefäßversuche, welche in diesen Bodenarten ausgeführt wurden, ein Vergleich fehlt.

Von den übrigen 117 ausgeführten vergleichenden Versuchen haben wir in jedem Falle mittels des Wirkungsgesetzes die in dem betreffenden Boden vorhandenen Nährstoffmengen berechnet, und ihre Fehlergrenzen festgestellt.

Es ist ja nun zunächst bekannt, daß ein pflanzenphysiologischer Versuch nur dann einen Aufschluß über den Nährstoffgehalt eines Bodens zu geben vermag, wenn man durch die Düngung eine Ertragssteigerung findet, welche außerhalb der Versuchsfehler liegt. Im anderen Falle ist es nur möglich zu sagen, daß wenigstens so und soviel Nährstoffe im Boden sind.

Wir fanden nun bei den 117 Bodenarten eine Ertragssteigerung infolge der Stickstoffdüngung bei 117 Gefäßversuchen, aber nur bei 66 Feldversuchen, infolge der Kalidüngung bei 89 Gefäßversuchen, aber nur bei 11 Feldversuchen, und infolge der Phosphorsäuredüngung bei 108 Gefäßversuchen, aber nur bei 19 Feldversuchen! Das hängt natürlich mit der Verringerung der Krumentiefe zusammen, welche durch das Einbringen des Bodens in die Gefäße und durch die Sandbeimengung bewirkt wird.

Es ermöglichte hierdurch der Gefäßversuch den Stickstoff in jeder Höhe, der Feldversuch nur noch festzustellen, daß wenigstens 1 dz/ha Stickstoff im Boden waren. Es ermöglichte der Feldversuch festzustellen, daß wenigstens $\frac{3}{4}$ dz/ha Kali im Boden sind, der Gefäßversuch, daß hiervon wenigstens 2,5 dz/ha vorlagen; es ermöglichte der Feldversuch, daß wenigstens 1 dz/ha Phosphorsäure im Boden sein mußten, der Gefäßversuch hingegen, daß davon wenigstens 4,4 dz/ha vorhanden waren!

Durch diese sichere Bestimmung von größeren Nährstoffmengen im Boden ist es ja möglich, den Nährstoffgehalt für Jahre im Voraus zu bestimmen, während wir auf Grund der Ergebnisse des Feldversuches, wenn dieser gelingt, oft nur aussagen können, daß die Nährstoffmengen sicher für das Versuchsjahr ausgereicht hatten, wir aber nicht mehr sagen können, ob der Boden auch im nächsten Jahre noch ohne Düngung höchste Erträge ergeben kann!

Wenn nun auch die Versuchsfelder bei Feld- und bei Gefäßversuchen berechnet auf die im Boden vorhandenen Nährstoffmengen angenähert

gleich sind, so sind sie doch in Prozenten der gemessenen Größe bei den Gefäßversuchen wesentlich geringer, weil unsere gemessene Größe ungefähr viermal so groß ist.

Was nun die Übereinstimmung von Gefäß- und Feldversuch in den vorliegenden 117 Fällen anbelangt, so traf sie bei der Stickstoffuntersuchung in 68 Fällen, bei der Kaliuntersuchung in 109 Fällen und bei der Phosphorsäureuntersuchung in 108 Fällen zu. — Ob die Nichtübereinstimmungen am Feld- oder am Gefäßversuche liegen, muß zunächst dahingestellt sein.

Bei den Stickstoffuntersuchungen erhielten wir in 43 von 117 Fällen bei den Gefäßversuchen zu niedrige Werte. Den Fehler, welcher hier vorliegt, haben wir erkannt. Er beruht auf der Bodenprobeentnahme aus dem Felde!

Stickstoff wird vom Boden kaum gebunden; er wird leicht ausgewaschen, wie das zur Genüge bekannt ist. Nimmt man so eine Bodenprobe im Herbst und eine Bodenprobe genau in der gleichen Weise von den gleichen Stellen im Frühjahr, so wird man in beiden Fällen genau die gleichen Kali- und Phosphorsäuremengen durch den Gefäßversuch feststellen, aber bei der Frühjahrsprobe unter Umständen wesentlich geringere Stickstoffmengen finden, da durch die Winterfeuchtigkeit Stickstoffmengen in tiefere Bodenschichten gelangten. Diese können aber trotzdem noch beim Feldversuche für die Pflanzen erreichbar bleiben.

Trotzdem kann man aber auch die Stickstoffbestimmung durch den Gefäßversuch der Praxis nutzbar machen; man muß dann nur die größere oder geringere Durchlässigkeit des Bodens durch die Bestimmung seiner Hygroskopizität mit in Rechnung ziehen.

Der gleiche Fehler der Probeentnahme aus dem Boden muß naturgemäß auch bei jedweder chemischen Bodenanalyse zum Zwecke der Bestimmung seines Stickstoffgehaltes auftreten!

Erwähnen möchte ich endlich noch, daß es nicht möglich ist, durch Gefäßversuche festzustellen, wann eine Überdüngung an Stickstoff unter den bestimmten Umständen schädigend wirkt, wann sie durch Lagerfrucht u. a. m. Ertragsdepressionen verursacht! Das hängt zu sehr von den lokalen klimatischen Wachstumsfaktoren mit ab, welche wir ja bei den Gefäßversuchen dadurch, daß wir den Boden ständig mit Wasser gesättigt halten, mehr oder weniger ausschalten.

Das wäre das, was ich Ihnen von unseren neuen Feldversuchen und den Gefäßversuchen mitteilen kann. Sie werden zum großen Teil alle die anderen Sachen, die uns interessieren, bei der Besichtigung des Instituts und des Versuchsfeldes sehen. In bin daher nicht auf die Anlage des Feldversuchs eingegangen, weil wir uns ja an Ort und Stelle orientieren können.

Schluß der Sitzung um 12⁴² Uhr.

Nachmittags fand ein Ausflug zur Steilküste des Samlandes nach Warnicken und Georgenswalde statt.

ZWEITER VERHANDLUNGSTAG, MITTWOCH, 17. JULI

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Ich darf es wohl in Ihrem Sinne halten, wenn ich Kollegen PRIANISCHNIKOW bitte, den Vorsitz zu übernehmen.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW-Moskau: Gestatten Sie, daß ich Ihnen den besten Dank dafür ausspreche. Die Sitzung ist eröffnet. Ich bitte Dr. SOUCEK das Wort zu seinem Lichtbildervortrag zu nehmen.

EIN VERSUCH ÜBER DEN WIRKUNGSWERT DER PFLANZEN- NÄHRSTOFFE IN VERSCHIEDEN TIEFEN BODENSCHICHTEN

Von Dr. SOUCEK-Prag

Die Nährstoffe haben in den verschieden tief gelegenen Bodenschichten nicht den gleichen Wert für die Pflanzenernährung, nachdem einerseits die Pflanze erst später mit ihren Wurzeln in die tieferen Bodenschichten vordringt, andererseits aber sind diese Nährstoffe auch infolge der geringeren biologischen Tätigkeit dieser tieferen Bodenschichten ohnehin den Pflanzen schwerer zugänglich.

Da die Lösung dieser Frage eine ziemlich große Bedeutung für die praktische Applikation der Gefäßversuche besitzt, wollten wir diese Verhältnisse durch Vegetationsversuche erfassen. Zur Durchführung dieser Versuche wurden besondere emallierte Vegetationsgefäße konstruiert, wobei jedes dieser Gefäße aus drei Teilen besteht. Zu unterst befindet sich eine Schale mit einem Durchmesser von 20 cm mit ebenem Boden, in dessen Mitte sich eine Öffnung von 1 cm lichter Weite befindet und endet die Öffnung in Form einer 3 cm langen Röhre. Aufgesetzt auf diese Schale ist das normale Vegetationsgefäß, dessen Boden zahlreiche, 2 mm weite Öffnungen besitzt. Der Durchmesser des Gefäßes beträgt wiederum 20 cm, ebenso umfaßt auch die Höhe 20 cm. Das Vegetationsgefäß wird erhöht durch einen Aufsatz gleicher Ausmaße und gleicher Form, wie das Vegetationsgefäß selbst, jedoch ohne Boden. Durch Aufstülpen dieses Aufsatzes kann das selbst 20 cm hohe Vegetationsgefäß auf 40 cm Höhe verlängert

werden, durch Hinzugabe eines zweiten Aufsatzes kann die Höhe auf 60 cm vergrößert werden. Da das Gewicht eines derart vergrößerten Vegetationsgefäßes ein derart bedeutendes ist, wäre ein Emporheben der Gefäße beim Umgießen unmöglich; daher wird die Röhre am Boden der Schale durch einen Kautschukschlauch mit einem kurzen Glasröhrchen am Ende verlängert, durch welches das überflüssige Wasser in das untergestellte Gefäß abfließt.

Ich bemerke, daß wir mit Erfolg auch auf einigen Stationen bei normalen Bodenprüfungen nach der Methode MITSCHERLICH Schalen mit Rohr-ansatz und untergestelltem Gefäß verwenden.

Die Versuche wurden mit zwei ganz verschiedenen Böden in je vierfacher Wiederholung angelegt. Zuerst wurde ein Vegetationsversuch genau nach der Methode MITSCHERLICH durchgeführt. In der Abbildung ist im ersten Gefäß Volldüngung, im zweiten fehlt der Stickstoff. Sodann folgen drei Gefäße mit 1 kg Boden und 5 kg Hohenbokaer Glassand. Das erste Gefäß erhielt Volldüngung, im zweiten fehlt die Phosphorsäure, im dritten das Kali.

Der gleiche Versuch wurde in den Doppelgefäßen durchgeführt, jedoch mit dem Unterschiede, daß unter den betreffenden Boden, resp. unter das Gemisch von Boden und Sand, in die untere Hälfte des Gefäßes Glassand gegeben wurde. Die verabreichten Nährstoffe wurden ausschließlich in die oberen Hälften der Doppelgefäße gegeben, also in diesem Falle zum Boden und zur Mischung von Boden und Sand.

In der dritten Gefäßgruppe wurde der Boden, bzw. die Mischung von Boden und Sand in die untere Hälfte des Gefäßes gegeben, der obere Teil der Gefäße wurde alsdann nur mit Sand gefüllt, welchem jedoch Nährstoffe in gleicher Menge und nach dem gleichen Schema wie in den früheren Fällen verabreicht wurden. Hier bemerken wir einen etwas geringeren Ertrag bei den Gefäßen ohne Stickstoff, jedoch auch bedeutend niedrigere Erträge bei den Gefäßen ohne Phosphorsäure und ohne Kali als im früheren Falle.

Auf der nächsten Abbildung sehen wir eine Gefäßgruppe, bei welcher beide Teile der Doppelgefäße mit Boden oder einer Mischung von Boden und Sand gefüllt sind, wobei jedoch nur die obere Hälfte Nährstoffe erhielt. Die Abbildung zeigt deutlich die Ertragserhöhung im Gefäß ohne Stickstoff, hingegen bei den Gefäßen ohne Phosphorsäure und ohne Kali ist das Bild nahezu dasselbe wie dann, wenn der Boden nur in die obere Hälfte gegeben wurde.

Auf den weiteren Abbildungen sind die Versuchsergebnisse beider Böden verglichen und zwar nur jene in den Doppelgefäßen.

Zunächst die Gefäße ohne Stickstoff. Die ersten drei von ihnen enthalten die eine Bodenart, die folgenden drei die zweite Bodenart. Das erste Gefäß jeder Gruppe enthält den Boden in der oberen Hälfte, das zweite in der unteren und beim dritten Gefäß jeder Gruppe wurden sowohl die oberen als auch die unteren Gefäßhälften mit Boden gefüllt. Das zweite Gefäß jeder Gruppe, d. i. jenes mit dem Boden in der unteren Hälfte, zeigt etwas geringeren Ertrag als das erste Gefäß, welches den Boden in der oberen Hälfte hat. Das dritte Gefäß mit Boden in beiden Gefäßhälften weist höhere Erträge als die vorigen auf. Dieser Umstand beweist, daß

die Pflanzen während ihrer Vegetation sowohl den Stickstoff aus den oberen, als auch aus den unteren Schichten ausnützen.

Eine weitere Abbildung zeigt die Verhältnisse bei der Phosphorsäure. Hier macht sich in bedeutenderem Maße der geringere Pflanzenertrag bemerkbar, falls die Bodenphosphorsäure nur in die untere Gefäßhälfte gegeben wurde. Die folgende Abbildung hält die Verhältnisse beim Kali fest, wobei dieselben Ergebnisse erzielt wurden, indem sich auch hier wieder ein geringerer Ertrag ergibt, wenn der Pflanze das Kali in der sich im Boden vorfindenden Form in der unteren Gefäßhälfte verabreicht wurde.

Bei der Erläuterung dieser Versuchsergebnisse dürfen wir nicht vergessen, daß beim Umgießen die aus dem Boden ausgelaugten Nährstoffe in die obere Gefäßhälfte zurückgegeben wurden, so daß demnach auch die aus den unteren Schichten ausgelaugten Nährstoffe in die Oberschichten gelangten. Dieser Umstand kann bei der Beweglichkeit des aufnehmbaren Bodenstickstoffs eine der Ursachen bilden, daß der Stickstoff der tieferen Bodenschichten verhältnismäßig mehr zur Geltung kam als die Phosphorsäure und das Kali.

Aus den vorgeführten Versuchen ergibt sich, daß es nicht angebracht ist, die Wirkung der Nährstoffe tieferer Bodenschichten zu überschätzen, falls es sich um eine Vegetationsperiode handelt. Erst nachdem durch die Ackerung die untere Bodenschicht emporgebracht wurde, tritt der Nährstoffgehalt tieferer Schichten des Bodens voll in Wirkung. Die vorgeführten Versuche lassen sich allerdings nicht verallgemeinern und auch nicht auf alle Pflanzen beziehen, nachdem die Bewurzelung jeder Pflanzengattung einen anderen Charakter besitzt. Künftige weitere Versuche werden zeigen, welchen Nutzwert die Nährstoffe tieferer Bodenschichten für die verschiedenen Pflanzen besitzen.

Diskussion:

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Da keine Wortmeldungen vorliegen, möchte ich selbst einige Worte dazu sagen.

Ganz richtig ist die Beobachtung von Dr. SOUCEK, daß für die Böden von verschiedenem Typus die Antwort ganz verschieden ausfallen kann; besonders ist das bemerkbar, wenn man von nördlichen Böden (Podsoltypus) zur Schwarzerde übergeht, welche immer größere Tiefe besitzt als die Böden der Waldregion. Es kann z. B. im Norden schon in der Tiefe von 20 cm ein ganz unfruchtbarer Bleichsand sich befinden, während stickstoffreiche Schwarzerde bis 1 m tief gehen kann; manchmal (z. B. im Kubangebiet, Nordkaukasus) sind sogar Fälle vorhanden, in welchen die mächtige Schwarzerde die Tiefe von 2 m erreicht. Es kann darum überhaupt kein beständiger Koeffizient existieren, mit welchem man die Ertragsfähigkeit der Ackerkrume multiplizieren könnte, um die Gesamtproduktion des Bodens zu berechnen.

DIE BESTIMMUNG DES NÄHRSTOFFGEHALTS DER BÖDEN DURCH DEN GEFÄßVERSUCH NACH WIESSMANN

Von Prof. Dr. H. WIESSMANN, Rostock

Das Verfahren von MITSCHERLICH zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Böden gründet sich auf das von ihm aufgestellte Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. Danach ist die Ertragskurve eine logarithmische Kurve, deren Krümmungsradius c für jeden einzelnen Nährstoff konstant ist.

Infolge der Angriffe, welche von verschiedenen Seiten gegen das MITSCHERLICH'sche Verfahren gemacht werden, versuchte ich den Nährstoffgehalt der Böden durch den Gefäßversuch zu bestimmen, ohne mich zunächst an das MITSCHERLICH'sche Wirkungsgesetz zu binden¹⁾. Zu diesem Zweck bestimmte ich jedesmal den Verlauf der Ertragskurve in reinem Sand und verglich damit die Erträge in einem Gemisch, das aus Sand und dem zu prüfenden Boden besteht. Die Sand- und Boden-Sandgefäße wurden gleichzeitig mit der gleichen Pflanze (Hafer) besät. Aus dem Vergleich der auf dem Boden-Sandgemisch erzielten Erträge mit den entsprechenden Erträgen auf reinem Sand zog ich dann einen Rückschluß auf den Nährstoffgehalt der angewandten Bodenmenge.

Ob die Ertragskurve eines Nährstoffs logarithmisch verläuft und ob sie ein für allemal die gleiche Konstante besitzt, ließ ich zunächst dahingestellt. Ich betrachtete vielmehr die Ertragskurve als eine empirische Funktion und die gleichzeitige Anstellung der Sandreihen war für mich eine Art Rückversicherung.

Eine wichtige Frage war nun die Feststellung, ob die Sandreihen mit steigenden Kali- bzw. Phosphorsäuregaben jedes Jahr von neuem angesetzt werden müssen, oder ob die Kali- und Phosphorsäurertragskurven unabhängig von den klimatischen Einflüssen des einzelnen Jahres etwa gesetzmäßig verlaufen. Zur Prüfung dieser Frage habe ich 3 Jahre hintereinander Gefäßversuche mit Hohenbockaer Glassand gemacht. Die Gefäße wurden mit steigenden Mengen Kali- bzw. Phosphorsäure gedüngt und mit einer ausreichenden Grunddüngung versorgt. Höhe und Art der Grunddüngung war in den einzelnen Jahren die gleiche. Als Versuchspflanze wurde jedes Jahr Hafer genommen. Die Gefäße standen unter voller Wasserkapazität. Das Begießen erfolgte vorwiegend mit destilliertem Wasser.

Wir wollen nun zuerst die Kaliversuche betrachten. Bei diesen Versuchen wurde das Kali in Form von schwefelsaurem Kali gegeben. Die

¹⁾ H. WIESSMANN, Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde A, 10, 206 (1928). Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen 107, 275 (1928). Die Ernährung der Pflanze 23, 386 (1927); 24, 30 (1928). Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde B, 8, 76 (1929). Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde A, 13, 205 (1929). — K. MAIWALD, Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde B, 7, 370 (1928). — W. N. BEHRENS, Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde A, 12, 412 (1928).

Versuchsergebnisse sind in der am Schlusse befindlichen Tabelle zusammengestellt. Es handelt sich insgesamt um 4 Versuchsreihen; im Jahre 1928 sind 2 Reihen angesetzt worden, von welchen die eine am 2. Mai und die andere am 7. Juni mit Hafer eingesät wurde. Die Erträge sind in Prozenten des jeweils erzielten Höchstertrages angegeben.

Vergleicht man nun die Werte miteinander, so sieht man, daß die den einzelnen Kaligaben entsprechenden prozentualen Erträge in den verschiedenen Jahren nicht ganz gleich sind, sondern gewissen Schwankungen unterliegen. Ich glaube aber, daß man zur praktischen Beurteilung des Nährstoffgehaltes die Sandreihe nicht in jedem Jahr anzusetzen braucht. Man kann sich in vielen Fällen sicher damit begnügen, daß man sagt, beim Ertragsverhältnis von durchschnittlich

14 ‰	schwankend zwischen	12—16 ‰	enthält die Bodenmenge je Gefäß	0,05 g K ₂ O
25 ‰	"	20—30 ‰	"	0,10 "
35 ‰	"	30—40 ‰	"	0,15 "
45 ‰	"	40—50 ‰	"	0,20 "
60 ‰	"	55—65 ‰	"	0,30 "
80 ‰	"	75—85 ‰	"	0,50 "

Wird also im Gefäß ohne Kalidüngung ein Ertrag erzielt, der 20—30 ‰ des Vollertrages ausmacht, so kann man auf einen Gehalt von etwa 0,10 g K₂O je Gefäß schließen; ein Ertrag von 30—40 ‰ des Vollertrags läßt auf einen Kaligehalt von etwa 0,15 g K₂O je Gefäß schließen usw.

Ich habe dann weiterhin geprüft, ob die im Mittel der Jahre gefundenen Erträge nach der MITSCHERLICH'schen Gleichung ansteigen. Das ist in der Tat der Fall, wenn man als Wirkungsfaktor $c = 1,275$ für das Gefäß einsetzt. Die Richtigkeit meiner Behauptung geht aus der Tabelle hervor, in welcher die gefundenen Mittelwerte und die nach der MITSCHERLICH'schen Gleichung berechneten Werte einander gegenübergestellt sind. Die Gegenüberstellung der Zahlenwerte läßt eine gute Übereinstimmung erkennen. Allerdings ist der von MITSCHERLICH bisher für Kali neben Kochsalz angegebene Wirkungsfaktor nicht zutreffend. Nach MITSCHERLICH soll er, auf das Gefäß umgerechnet 3,023 betragen. Berechnet man aber mit Hilfe dieses von MITSCHERLICH angegebenen Wirkungsfaktors die Erträge und vergleicht damit die von uns im Mittel der 3 Jahre gefundenen, so sieht man, daß der von MITSCHERLICH angegebene Wirkungsfaktor zu hoch ist. Ich habe darauf bereits früher hingewiesen.¹⁾ Hingegen stimmt der von MITSCHERLICH bei Abwesenheit von Kochsalz ermittelte Wirkungsfaktor mit dem von uns festgestellten besser überein. Ich glaube deshalb, daß MITSCHERLICH den Wirkungsfaktor für Kali mit und ohne Kochsalz einer Revision unterwerfen muß.

So haben also meine dreijährigen Versuche im Mittel ergeben, daß in Gefäßen die Erträge mit Hafer bei steigenden Kaligaben aber sonst gleicher Grunddüngung angenähert nach der von MITSCHERLICH angegebenen logarithmischen Kurve mit einem Krümmungsradius $c = 1,275$ ansteigen. Die klimatischen Verhältnisse der einzelnen Jahre scheinen keinen allzu großen Einfluß auszuüben. Ob aber der Wirkungsfaktor für Kali auch unter

¹⁾ H. WIESSMANN. Die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen. 107, 275 (1928).

anderen als den von mir angewandten Verhältnissen den gleichen Wert besitzt, lasse ich dahingestellt und ist auch nicht von großer Bedeutung, wenn man den Kaligehalt nach meinem Vorschlage ermittelt.

Man mag nun daraufhin einwenden, daß die Schwankungen in den prozentualen Ertragswerten der einzelnen Jahre nur zufällige Fehler seien und die von mir vorgesehenen Spielräume nicht nötig seien. Demgegenüber ist aber zu bedenken, daß sicherlich auch in den Boden-Sandgemischen Schwankungen auftreten. Infolgedessen halte ich es für richtiger, bei der Beurteilung des Nährstoffgehaltes gewisse Spielräume gelten zu lassen.

Ebenso wie bei Kali habe ich 3 Jahre hintereinander mit steigenden Mengen Phosphorsäure Gefäßversuche ausgeführt. Die Phosphorsäure habe ich in den meisten Versuchen in Form von Superphosphat, im Jahre 1926 außerdem auch in Form von Thomasmehl und Rhenaniaphosphat angewandt. Die Versuchsergebnisse sind in der Tabelle am Schlusse der Arbeit zusammengestellt. Die Erträge sind wieder in Prozenten des jeweils erzielten Höchstertrages angegeben. Auch hier weisen die in den verschiedenen Jahren erzielten Werte Unterschiede auf, besonders bei den geringen Phosphorsäuregaben. Die Anstellung der Sandreihen dürfte jedoch ebenso wie beim Kali nicht nötig sein, sofern man sich mit einer gröberen Beurteilung des Phosphorsäuregehaltes zufrieden gibt. So kann man aus unseren dreijährigen Versuchen schließen, daß bei einem Ertragsverhältnis von durchschnittlich

20 %	schwankend zwischen	15—	25 %	die Bodenmenge	0,05 P ₂ O ₅
40 %	"	30—	45 %	"	0,10 "
60 %	"	55—	65 %	"	0,15 "
75 %	"	70—	80 %	"	0,20 "
85 %	"	80—	90 %	"	0,30 "
95 %	"	90—	100 %	"	0,50 "

enthält.

Vergleicht man nun wieder die im Durchschnitt der Jahre gefundenen Erträge mit den nach der MITSCHERLICH'schen Gleichung berechneten, so ergibt sich keine so gute Übereinstimmung wie beim Kali. Insbesondere läßt bei den geringsten Phosphorsäuregaben die Übereinstimmung zu wünschen übrig. Dabei habe ich als Wirkungsfaktor 2,509 eingesetzt, den Wert, welchen ich aus meinen Versuchen im Mittel erhalten habe. Die mangelhafte Übereinstimmung bei den geringen Phosphorsäuregaben mag zum Teil auch auf eine etwaige Festlegung der Phosphorsäure durch Eisensulfat und Kalk zurückzuführen sein. Ich beabsichtige, darüber weitere Versuche anzustellen.

Wie man auch zum Wirkungsfaktor der Phosphorsäure stehen mag, soviel ist sicher, der Wirkungswert der Phosphorsäure ist nicht kleiner, wie MITSCHERLICH annimmt, sondern größer als der des Kalis. Die Phosphorsäure besitzt also eine größere Wirksamkeit als das Kali. Das haben meine Versuche immer wieder bestätigt.

Es fragt sich nun, wie sich die Bestimmung des Nährstoffgehaltes durch den Gefäßversuch gestaltet.

Soll ein Boden z. B. auf seinen Kaligehalt untersucht werden, so vermische ich je 5700 g Hohenbockaer Glassand mit 1500 g des zu prüfenden

Bodens und bringe das Boden-Sandgemisch in ein Gefäß. Vorher erhält die Mischung eine Düngung mit:

1,0 g P_2O_5 als Superphosphat	0,25 g Kochsalz
1,2 g N als Ammoniumnitrat	0,20 g Eisensulfat
1,0 g Magnesiumsulfat	1,50 g kohlensaurer Kalk

Während der Vegetation werden die Gefäße auf volle Wasserkapazität gehalten. Es werden also alle Nährstoffe, mit Ausnahme des Kalis in ausreichender Menge verabreicht, so daß die Höhe des Ertrages vom Kaligehalt der angewandten Bodenmenge abhängig ist. Die 1500 g Boden spielen also gewissermaßen die Rolle eines Kalidüngers.

Außerdem werden weitere Gefäße mit dem gleichen Boden-Sandgemisch angesetzt, also mit 5700 g Hohenboackaer Glassand und 1500 g Boden. Diese Gefäße erhalten außer der Grunddüngung noch 1,5 g K_2O in Form von schwefelsaurem Kali.

Somit werden zur Prüfung der Böden auf Kali mit dem Gemisch von 1500 g Boden und 5700 g Sand zweimal je 4 Parallelgefäße angesetzt; die eine Reihe enthält nur die Grunddüngung ohne Kali und die andere Reihe bekommt Grunddüngung und 1,5 g K_2O , also eine Volldüngung.

Als Versuchspflanze dient Hafer.

Am Ende der Vegetation bestimmt man das Verhältnis der Erträge mit und ohne Kali und zieht daraus einen Rückschluß auf den Kaligehalt der angewandten 1500 g Boden.

Analog der Kalibestimmung verfährt man bei der Bestimmung des Phosphorsäuregehaltes. Es sind also zur Bestimmung des Kali- und Phosphorsäuregehalts eines Bodens insgesamt $3 \times 4 = 12$ Gefäße nötig.

4 Gefäße mit Volldüngung	
4 " " "	ohne Kali
4 " " "	ohne Phosphorsäure.

Was nun die Übertragung der Gefäßergebnisse auf das Feld anbelangt, so schlage ich einen anderen Weg ein als MITSCHERLICH. Nach MITSCHERLICH soll der Wirkungsfaktor jedes Nährstoffs konstant und unabhängig von den übrigen Wachstumsbedingungen sein. Das wird aber von LEMMERMANN, GERLACH und RIPPEL bestritten. Wenn die Wirkungsfaktoren aber nicht konstant sind, so lassen sich auch die in den Gefäßen erzielten Ergebnisse nicht im MITSCHERLICH'schen Sinne aufs Freiland übertragen. Deshalb rechne ich die in 1500 g Boden festgestellten Nährstoffmengen auf das Bodenvolumen je ha um.

Einen Rückschluß vom Nährstoffgehalt der Krume auf den des Untergrundes halte ich nicht für richtig, da eine bestimmte Beziehung zwischen beiden nicht besteht. Ich beschränke mich deshalb auf die Angabe der Nährstoffmengen in der Krume und betrachte einen Boden dann als nährstoffbedürftig, wenn nicht bereits die Krume soviel Nährstoffe enthält, wie für die Ernte erforderlich sind. Die Nährstoffmengen, welche im Untergrund vorhanden sind, und die allerdings bekanntlich zur Ernährung der Pflanzen auch mit beitragen, möchte ich mehr als Reserven ansehen, auf

deren Kosten jedoch die Krume in ihrem Nährstoffgehalt nicht abgebaut werden darf.

Kennt man nun den Nährstoffgehalt des Bodens, so fragt es sich weiter, ob und inwieweit derselbe zur Deckung des Nährstoffbedarfs der anzubauenden Pflanzen ausreicht. Die erforderliche Nährstoffmenge richtet sich nach der Art der Kulturpflanzen und ihren Nährstoffansprüchen, nach der Höhe der Ernte, die auf Grund der klimatischen Verhältnisse günstigsten Falles zu erwarten ist und schließlich nach der Ausnutzungsmöglichkeit des betreffenden Nährstoffes. Das Düngerkali wird nach den bisherigen Feststellungen etwa zu 60 % und die Düngerphosphorsäure zu etwa 20 % ausgenutzt. Diese Ausnutzungskoeffizienten sind vielleicht verbesserungsbedürftig, solange wir aber keine anderen und besseren haben, müssen wir mit den bisher üblichen rechnen. Demnach muß der Phosphorsäurevorrat etwa 5 mal, der Kalivorrat $\frac{5}{3}$ mal so groß sein als die zu erwartende Ernte benötigt.

Nach dem von mir geschilderten Verfahren wird also die Düngewirkung im Freilande unabhängig von der Düngewirkung in den Gefäßen betrachtet unter dem Gesichtspunkt der im einzelnen Fall zutreffenden Verhältnisse. Dadurch geht man den Schwierigkeiten aus dem Wege, welche sich sonst bei der Übertragung der in den Gefäßen erzielten Düngewirkungen auf das Freiland geltend machen.

Kann man nun, um nur ein Beispiel zu erwähnen, auf Grund der klimatischen Verhältnisse und Bodenbeschaffenheit mit einer Zuckerrüben-ernte von 350 dz/ha rechnen, so muß der Nährstoffvorrat im Boden etwa 350 kg/ha K_2O und 300 kg/ha P_2O_5 betragen. Diese Nährstoffmengen sind im Boden vorhanden, wenn in den Gefäßen¹⁾ beim Kali ein Ertragsverhältnis von etwa 35—45 % und bei der Phosphorsäure ein Ertragsverhältnis von etwa 55—65 % festgestellt wird. Ist dies der Fall, so wird man, um den Boden durch den Nährstoffentzug der Zuckerrüben-ernte nicht verarmen zu lassen, mittlere Düngungen anwenden. Findet man aber in den Gefäßen ein geringeres Ertragsverhältnis, so wird man mit der Düngung herauf- und im entgegengesetzten Falle heruntergehen. Diese Feststellungen genügen meines Erachtens für die Praxis. Ist also ein Boden an Nährstoffen arm, so genügt es, wenn man den Landwirt aufmerksam macht, daß er seinen Boden mit Kali und Phosphorsäure anreichern, d. h. seine bisherigen Düngergaben erhöhen muß. Ist aber ein Boden reich an Nährstoffen, so empfiehlt es sich, in Anbetracht der doch immer noch unsicheren Methoden, nicht mit radikalen Vorschlägen zu kommen, sondern dem Landwirt eine Herabsetzung der bisher von ihm angewandten Düngermengen anzuempfehlen. Im übrigen ist es ratsam, bei den Düngungsvorschlägen sich nicht allein von den Ansprüchen der zunächst angebauten Frucht leiten zu lassen, sondern die Düngungsvorschläge in Rücksicht auf die Fruchtfolge zu machen. Nach dem von mir vorgeschlagenen Weg verzichtet man zwar darauf, dem Landwirt die Düngermengen etwa auf kg genau angeben zu wollen, ich glaube aber andererseits, daß dies für die praktischen Bedürfnisse auch nicht nötig ist.

¹⁾ Bei Anwendung von 1500 g Boden.

Diskussion

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Mir scheint die Methode WIESSMANN durch eine ganze Reihe von neuen Annahmen viel willkürlicher zu sein als die Benutzung des Wirkungsgesetzes. Wir wollen eine Methode für praktische Zwecke haben, und es fragt sich, welche Methode die beste ist. Ich möchte dabei nur folgendes ausführen: Eine Veränderung der Wirkungsfaktoren, zwischen 1 und 3 bei Kali und Phosphorsäure ist für die praktische Nutzanwendung belanglos, wie ich glaube durch zahlreiche Beobachtungen nachgewiesen zu haben.

Prof. Dr. WIESSMANN: Prof. MITSCHERLICH hat bisher die Konstanz der Wirkungsfaktoren vertreten. Nach seiner heutigen Ausführung scheinen beim Kali Schwankungen in Höhe von 1—3 vorkommen zu können, bezw. keinen Einfluß auf die Auswertung auszuüben. Ich möchte bitten, den Vorschlag, den ich gemacht habe, nicht als eine neue Methode hinzustellen; er ist lediglich eine Modifikation der MITSCHERLICH-Methode, um die Schwierigkeiten zu vermeiden, die das Wirkungsgesetz mit sich bringt.

METHODE NEUBAUER

Prof. Dr. MITSCHERLICH verliest folgendes Schreiben von Prof. Dr. NEUBAUER-Dresden:

Ich verspreche mir für die Keimpflanzenmethode nicht viel von der internationalen Beratung. Die Methode verlangt (leider!) sehr sorgfältiges Arbeiten. Das ist durchaus kein Kunststück. Nun darf man sich nicht über die klaren Arbeitsvorschriften hinwegsetzen oder sie sogar willkürlich ändern. Am besten ist es, daß sich der, der dem Verfahren wirklich ernstlich gerecht werden will, zu uns kommt und sich genau unterweisen läßt, wie es ja schon viele gemacht haben. Wer sich nicht unter starker Selbstkritik einarbeitet, macht leicht grobe Fehler. In dem neuesten Heft 4 des wissenschaftlichen Teils der Zeitschrift für Pflanzenernährung usw. befinden sich auf Seite 258/59 und 262 Referate über zwei englische Arbeiten und eine französische, die auf Grund einer falschen Versuchsanstellung zu einer ungünstigen Beurteilung der Methode kommen. Es wäre also bei der internationalen Besprechung zunächst nichts weiter zu sagen, als daß man sich streng an die klare Vorschrift zu halten hat, und daß es zweckmäßig ist, bei Mißerfolgen sich erst mit mir in Verbindung zu setzen, ehe man das ganze Verfahren in der Öffentlichkeit beurteilt.

Soweit Kollege NEUBAUER! Dann ist mir ein Referat von Kollegen Dr. Ing. M. GRACANIN-Zagreb (Jugoslawien) zugegangen, der leider nicht an der Sitzung teilnehmen kann und den Herren Kollegen seinen Gruß entbietet. Es ist wohl in ihrem Sinne, wenn ich das Referat hier verlese. (Zustimmung.)

BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER NEUBAUER'SCHEN KEIMPFLANZENMETHODE ZUR BESTIMMUNG DES WURZELLÖSLICHEN NÄHRSTOFFVORRATES IN BÖDEN

Von Doz. Dr. Ing. M. GRACANIN-Zagreb

Seit dem Jahre 1924 habe ich unter Mitwirkung von Dr. A. NEMEC-Prag eine Reihe von Versuchen angestellt, welche die Einflüsse einiger äußeren Wachstumsfaktoren auf die Ergebnisse der NEUBAUER'schen Keimpflanzenmethode klarzustellen suchten.

Es wurde untersucht der Einfluß des Lichts und der Temperatur auf die Resorbtion von Kali und Phosphorsäure, der Einfluß der Stickstoffdüngung und der Kalkdüngung im Zusammenhange mit der Bodenreaktion. Weiter wurde die Resorbtion von Phosphorsäure aus verschiedenen Düngemitteln verfolgt und es wurden über das Vorkommen der sogenannten „negativen Werte“ Untersuchungen vorgenommen.

In Folgendem sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen kurz zusammengefaßt:

Vor allem wurde festgestellt, daß die Resorbtion der Phosphorsäure in den Sommermonaten bei intensiver Belichtung und höherer Temperatur wesentlich geringer erschien als in der Winterperiode bei abgeschwächter Lichtintensität. Was die Resorbtion von Kali betrifft, konnte wahrgenommen werden, daß mit der steigenden Belichtung die Menge des resorbierten Kalis erhöht wird. Die beobachteten Unterschiede in den Mengen der wurzellöslichen Nährstoffe, untersucht bei derselben Bodenprobe im Winter und im Sommer, schwankten bei Böden verschiedener Herkunft zwischen 1,66—8,03 mg bei der Phosphorsäure und bei Kali zwischen —2,13 bis 11,38 mg K_2O . Inwiefern diese Unterschiede auf die Einwirkung der Lichtmenge oder der Lichtintensität zurückzuführen sind, soll dahingestellt bleiben und wird weiter untersucht.

Ferner wurde der Einfluß von Düngung mit Ammonsulfat und Natriumnitrat auf die Resorbtion der erwähnten Bodennährstoffe studiert. Es hat sich herausgestellt, daß die Unterschiede in der Nährstoffaufnahme nicht nur nach der positiven, sondern auch nach der negativen Richtung verschoben wurden. Durch Düngung mit schwefelsaurem Ammonium wurden für Phosphorsäure Unterschiede festgestellt, welche in den Grenzen —5,04 bis 4,8 mg P_2O_5 schwankten. Für Kali bewegten sich die Schwankungen im Bereiche von —6,7 bis 10,30 mg K_2O . Was die Einwirkung von salpetersaurem Natrium betrifft, so konnten Schwankungen der Phosphorsäurewerte zwischen —2,42 bis 4,75 mg P_2O_5 wahrgenommen werden, für Kali variierten die beobachteten Resorbtionsunterschiede zwischen —5,83 bis 10,42 mg K_2O . Allgemein kann vorausgesetzt werden, daß die Wurzellöslichkeit der Bodennährstoffe von den bereits vorhandenen pflanzenzugänglichen Stickstoffreserven abhängig erscheint, da bei unzureichender Stickstoffversorgung des Bodens die Resorbtion von Phosphorsäure und Kaliverbindungen aus dem Boden durch die Roggenkeimpflanzen nicht den tatsächlichen Zustand der assimilierbaren Nährstoffreserven bringen kann.

Die Wurzellöslichkeit von Phosphorsäure und Kali wird besonders durch die Kalkversorgung des Bodens und durch Kalkdüngung beeinflusst. Unter Anwendung von Kalkdüngung wurden bei verschiedenen Bodenproben Veränderungen der Phosphorsäure- und Kaliresorption zwischen $-7,16$ bis $6,25$ mg P_2O_5 und $-12,21$ bis $15,44$ mg K_2O festgestellt. Werden diese Resorptionsveränderungen nach der Bodenreaktion zusammengestellt, so ergibt sich deutlich, daß die Kalkung nur bei sauren Böden einen günstigen Einfluß auf die Resorption der Phosphorsäure ausübte. Auf Böden, welche alkalische Reaktion aufwiesen, hat die Kalkdüngung durchwegs hemmend auf die Wurzellöslichkeit der Bodenphosphorsäure eingewirkt. Gleichzeitig konnte vermerkt werden, daß bei Böden, welche reichlich mit der wurzellöslichen Phosphorsäure versorgt waren, die Kalkdüngung eine Depression der Phosphorsäureaufnahme hervorgerufen hat. Die Kaliresorption wurde durch Bodenkalkung nur bei sauren Böden günstig beeinflusst, während auf kalkreichen Bodenarten die Kalkung stets die Kaliresorption herabgesetzt hat.

Weiter wurde die Resorption von Bodenphosphorsäure unter Anwendung verschiedenster Phosphorsäuredüngemittel näher verfolgt. In sauren Böden wurde bei Düngung mit allen angewandten Düngemitteln mehr Phosphorsäure aufgenommen als in basenreichen Bodenarten. Beim Vergleich der Phosphorsäureresorption unter Anwendung von verschiedenen Düngemitteln hat sich herausgestellt, daß die Resorption der Phosphorsäure in folgender Reihe abnahm: Superphosphat, Konstantinphosphat, Knochenmehl, Neutral-, Reformphosphat und Tetraphosphat.

Bei Ausführung dieser Versuche konnte beobachtet werden, daß die Phosphorsäureresorption bei gewissen Bodenproben negative Werte aufwies und zwar nicht nur bei sauren, sondern auch bei basenreichen Böden. Die erwähnte Erscheinung ist auf die Rückwanderung der Phosphorsäurereserven des Samens in den Boden und auf die Art der Festlegung dieser Phosphorsäuremengen im Boden — je nach der chemischen Bodenbeschaffenheit — zurückzuführen. Dabei ist interessant zu bemerken, daß bei der Kaliaufnahme negative Resorptionswerte in keinem Falle festgestellt werden konnten.

Die oben erwähnten Ergebnisse der Untersuchungen über die NEUBAUERsche Keimpflanzenmethode beziehen sich auf einige typische Bodenarten Böhmens und Jugoslaviens.

Alle unsere Untersuchungen beweisen also die Abhängigkeit der Nährstoffaufnahme von der Konstellation der äußeren Wachstumsfaktoren und zeigen, daß auch in der ersten Vegetationsperiode der Roggenpflänzchen die Resorption der Nährstoffe dem Wirkungsgesetze der Wachstumsfaktoren in vollem Maße unterliegt.

Diskussion:

Dr. ESCHENHAGEN-Stettin: Ich nehme Bezug auf den „blinden Versuch“. Wir haben kürzlich zur Untersuchung eines afrikanischen Bodens die „blinde“ Bestimmung in achtfacher Wiederholung ausgeführt und fanden bei Vergleich der geringsten Aufnahme mit der höchsten Aufnahme folgende Differenzen: $6,5$ mg P_2O_5 und $5,8$ mg K_2O . Da bei P die Grenzwerte mit ca. 5 mg beginnen, ist leicht einzusehen, welcher hohen Einfluß die

blinde Bestimmung auf die Sicherheit der P-Resultate haben muß. Bei K dürfte der Einfluß unbedeutend sein. Es wird daher der Einfluß der blinden Bestimmung als wesentliche Schwäche der Methode angesehen, durch die letztere zu einer qualitativen Methode verurteilt wird. Die Übertragung der Werte der „blinden“ Bestimmung auf die Untersuchung des Bodens schließt eine Willkür in sich ein, die in Abhängigkeit zur Qualität des Saatgutes sowie der Nährstoffaufnahme steht. Ehe man nicht diese Willkür ausschließen kann, muß man bei der P-Bestimmung so schwankende Resultate erwarten, die über die erlaubten Fehlergrenzen hinausgehen.

Dr. ARRHENIUS: Im Jahre 1924 oder 1925 hat der damalige Assistent in der Zentralanstalt Stockholm, H. EGRIÉN eine Reihe von Versuchen sehr genau und schön ausgeführt und dann die Resultate mit sehr genauen Feldversuchen verglichen. Er hat dabei etwa 40 oder 50 gute Feldversuche in Betracht gezogen. Das Resultat dieser Versuche war, daß wir keine Übereinstimmung mit dem NEUBAUER-Verfahren in den Resultaten der Feldversuche finden konnten, sondern da waren z. B. O-Versuche mit NEUBAUER und andererseits auch Resultate, bei denen wir große Auswirkungen der Düngestoffe erwarten konnten. Wir haben keine Erhöhung der Düngzugaben gegeben und fanden absolut gar keine Übereinstimmung; und doch sind diese Versuche vollkommen nach den Vorschriften von NEUBAUER und vollkommen vorurteilsfrei ausgeführt worden.

Prof. Dr. SAIDEL bemerkt zu diesen Methoden, daß für die Chemiker, die zur Aufstellung einer chemischen Methode zur Bestimmung der pflanzenlöslichen Nährstoffe herantreten, nur solche Methoden einen Sinn haben, welche die Mengen der pflanzenlöslichen Nährstoffe zu ermitteln gestatten. Nur jenes chemische Verfahren wird als brauchbar zu betrachten sein, welches Werte gibt, die möglichst von der gleichen Größenordnung sind wie die, die sich auf pflanzenphysiologischem Wege ermitteln lassen oder diesen proportional sind. SAIDEL zeigt, daß von den vorgeschlagenen Methoden nur diejenigen, die sich auf das Gesetz von MITSCHERLICH stützen, für das den Chemikern vorschwebende Ziel in Frage kommen können.

Die Versuche nach MITSCHERLICH führten wir gemeinsam mit Prof. G. J. SISESTI mit steigenden Nährstoffmengen aus, bestimmten die jeweilig gültigen C-Werte und ermittelten in dieser Weise die im Boden vorkommenden b-Werte.

Das Erreichen des Zieles einer auf pflanzenphysiologischer Grundlage aufzubauenden chemischen Methode für die Bestimmung der Nährstoffe verlangt das Zusammenarbeiten möglichst vieler Fachgenossen. SAIDEL beantragt nochmals, daß in dieser Sache schon hier in Königsberg ein internationales Zusammenarbeiten angebahnt wird.

Prof. Dr. WIESSMANN: Bei den NEUBAUER-Werten, die Prof. MITSCHERLICH vorgelesen hat, fällt mir auf, daß soviel negative Werte vorhanden sind und vor allem, daß die negativen Werte zum Teil so groß sind. Hier müssen meines Erachtens doch Fehler in der Ausführung der Untersuchung vorliegen. Auch bei uns in Deutschland fand man, als man mit der NEUBAUER-Methode anfang, häufig negative Werte. Aber seitdem man mit der Methode besser umzugehen versteht, sind doch bei uns negative Werte nur selten.

Der Einfluß des Lichtes ist nach den Untersuchungen, welche von verschiedenen Seiten ausgeführt worden sind, ohne Einfluß auf den Ausfall der NEUBAUER-Werte.

Die Temperatur aber übt einen starken Einfluß aus. Darauf aber hat NEUBAUER immer wieder hingewiesen.

Quantitativ ist allerdings die NEUBAUER-Methode nicht. Darin hat mein Herr Vorredner recht. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß bei einmaliger Bepflanzung nicht die gesamten Mengen an aufnehmbarem Kali und Phosphorsäure aufgenommen werden. Bepflanzt man den gleichen Boden zwei- oder gar dreimal, so werden in den meisten Fällen von neuem Nährstoffe von den Keimpflanzen aufgenommen. Nichtsdestoweniger kann uns auch die NEUBAUER-Methode einen orientierenden Einblick in den Nährstoffgehalt der Böden verschaffen.

Prof. Dr. GOY-Königsberg: Ich möchte darauf hinweisen, daß wir die NEUBAUER-Methode häufig durchführen und daß wir in den letzten Jahren den Anweisungen, die NEUBAUER gegeben hat, ganz genau folgen. Wenn genau nach den Vorschriften von NEUBAUER gearbeitet wird, kommen Minuswerte nicht mehr vor.

Dr. SOUCEK-Prag: Mein Mitarbeiter Ing. J. PAZLER führte den Vergleich von 50 Bodenprüfungen nach den Methoden MITSCHERLICH und NEUBAUER durch, ähnlich wie dies WIESSMANN, NEUBAUER-BONNEWITZ-SCHOTTMÖLLER, DIRKS, DIRKS-SCHEFFER, BAMBERG und WIESSMANN-SCHRAMM taten.

Bei der Phosphorsäure fand er eine gute Übereinstimmung beider Methoden. Überrechnen wir die Ergebnisse der MITSCHERLICH'schen Methode auf die gleiche Grundlage mit der Methode NEUBAUER, — d. i. auf mg in 100 g Boden — so finden wir, daß bei einem geringen Phosphorsäuregehalt nach MITSCHERLICH die Methode NEUBAUER mehr Phosphorsäure feststellt, je größer jedoch der Phosphorsäuregehalt nach MITSCHERLICH ist, umso kleiner ist relativ der Anteil, welcher nach der NEUBAUER'schen Methode bestimmt wird. Weiter wurde festgestellt, daß bei einem Ansteigen des Gehaltes von kohlensaurem Kalk im Boden die Methode NEUBAUER relativ weniger Phosphorsäure ermittelt, als nach der Methode MITSCHERLICH, welche Tendenz bei ärmeren Böden auffallender ist.

Die Vergleichsergebnisse der Kalibestimmung ergaben bei weitem weniger befriedigende Resultate. Es wurde zwar eine parallel verlaufende Gruppentendenz festgestellt, doch war in den einzelnen Fällen die Schwankung eine bedeutende. Die nach der Methode MITSCHERLICH gewonnenen Ergebnisse waren — umgerechnet auf mg in 100 g Boden — niedriger als die Angaben nach NEUBAUER (etwa 75 % jener), nur bei nährstoffreichen Böden konnten bei beiden Methoden fast gleiche Ergebnisse erzielt werden. Einen bedeutenden Einfluß auf das Verhältnis der Werte nach NEUBAUER zu jenen nach MITSCHERLICH hatte der Gehalt der Böden an tonigen Bestandteilen sowie der Gehalt an kohlensaurem Kalk. Bei einem hohen Gehalt toniger Bestandteile im Boden wurden nach der Methode NEUBAUER höhere Werte gewonnen als nach MITSCHERLICH; fand sich gleichzeitig ein bedeutender Gehalt an kohlensaurem Kalk, so waren die ermittelten Werte bis doppelt so groß! Bei sandigen und insbesondere sandig-kalkigen Böden waren diese Werte nach NEUBAUER niedriger als nach MITSCHERLICH. Es

ergibt sich somit die Notwendigkeit einer Festsetzung von Grenzwerten bei der NEUBAUER'schen Methode nach der mechanischen Zusammensetzung des Bodens und dessen Gehalt an kohlensaurem Kalk.

Bei der Durchführung der NEUBAUER-Methode haben wir nie Minuswerte gefunden.

Die Beidüngung hat immer einen bedeutenden Einfluß auf die Resultate gehabt.

WEITERE PHYSIOLOGISCHE METHODEN

ÜBER EINE EIGENE METHODE ZUR BESTIMMUNG DER DÜNGERBEDÜRFTIGKEIT DES BODENS

Von Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL-Hohenheim

Für die Versorgung der Pflanze mit einem Nährstoff ist derjenige Anteil im Boden maßgebend, der der Pflanze zugänglich ist. Es werden wohl die meisten der Auffassung zustimmen, daß die Pflanze ihren Bedarf an Salzen niemals unmittelbar dem Boden, sondern auf alle Fälle der Bodenflüssigkeit entnimmt, also nur Salze in gelöster Form aufnimmt. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, gliedert sich die Frage des Zusammenhangs von Pflanzenwachstum und Bodenbeschaffenheit von selbst in zwei Teile, von denen der eine sich mit der Beziehung der Bodenbeschaffenheit zu der Zusammensetzung der Bodenlösung beschäftigt und der andere mit der Beziehung des Pflanzenwachstums zur Zusammensetzung der Nährlösung.

Nachdem wir uns durch eine große Zahl von Untersuchungen über die Zusammensetzung natürlicher Bodenlösungen ein Bild verschafft hatten, worauf noch näher eingegangen werden wird, erschien es notwendig zu prüfen, wie sich die Pflanzen in Lösungen der festgestellten Konzentrationsgrenzen verhalten, mit welcher Geschwindigkeit sie aus Lösungen verschiedener Konzentration die Nährstoffe entnehmen und wie stark sie dieselben zu erschöpfen imstande sind. In älteren Literaturangaben findet man gelegentlich Erwähnungen, daß die Pflanzen imstande sind, Nährlösungen vollständig zu erschöpfen. Diese Untersuchungen sind in älterer Zeit (z. B. von SCHLÖSING) mit verhältnismäßig groben Untersuchungsmethoden angestellt worden und es fehlten bis jetzt die quantitativen Grundlagen. Wachstumsversuche, die ich schon im Jahre 1923 in fließenden Lösungen anstellte, zeigten, daß im allgemeinen eine Konzentration von 0,25 mg P_2O_5 /Liter zur Versorgung der Pflanze genügt, wenn wir die

Durchflußgeschwindigkeit nur genügend schnell gestalten, und bei unseren neuen Untersuchungen haben wir Nährstoffaufnahmen aus Lösungen untersucht, die nur Hundertstel Milligramm im Liter enthielten. Unsere Beobachtungen stehen im Gegensatz zu denen von POUGET und CHOUGHAK, die bei einer Konzentration von 0,1 mg nur eine Abgabe, nicht aber eine Aufnahme von Phosphorsäure festzustellen glaubten.

HOAGLAND hat mit 0,7 mg P_2O_5 gearbeitet, KOSSOWITSCH mit 1,3 mg. Beide stellten befriedigendes Wachstum fest.

In Gemeinschaft mit verschiedenen Mitarbeitern habe ich kolorimetrische Methoden zur Bestimmung sehr kleiner Mengen der Nährstoffe Phosphorsäure, Ammoniak, Salpeter und Kali ausgearbeitet, die es gestatten, Hundertstel und auch noch Tausendstel Milligramm im Liter mit einem Fehler von 2–3 % bestimmen zu können. Die kolorimetrischen N-Methoden sind in Gemeinschaft mit Herrn SCHMID ausgearbeitet worden. Das NH_3 bestimmen wir im wesentlichen nach KLEINMANN mit NESSLERS Reagenz; 0,2–1 mg im Liter lassen sich mit einem Fehler von ± 2 bestimmen. Die Salpetersäure wird mit Diphenylbenzidin bestimmt, es genügen 0,1–0,3 mg NO_3 im Liter; der durchschnittliche Fehler steigt nicht über 5 %. Das Kalibestimmungsverfahren ist noch nicht veröffentlicht, Herr BEUTELSPACHER hat auch hier eine befriedigende, wenn auch etwas mehr Zeit in Anspruch nehmende Methode ausgearbeitet.

Die Versuchspflanzen werden zunächst in Nährlösungen bzw. in destilliertem Wasser oder auch in Sandkulturen vorgezogen, dann in die verschiedenen Versuchslösungen gebracht und der Salzverbrauch nach einigen Minuten, Stunden oder Tagen durch kolorimetrische Methoden bestimmt. Wir fanden, daß aus sehr verdünnten Lösungen die Entnahme der Phosphorsäure durch die Pflanze prozentual und absolut sehr langsam erfolgt, während das Ammoniak viel schneller aufgenommen wird als die Phosphorsäure; die vollständige Erschöpfung erfolgt aus verdünnten Phosphorsäurelösungen nur in sehr langen Zeiträumen, während die geringsten Spuren von Ammoniak von der Pflanze in $\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden restlos aus der Lösung verbraucht werden. Beifolgende kleine Tabelle soll das Gesagte illustrieren.

Die Geschwindigkeit der NH_4 - und P_2O_5 -Entnahme durch Mais aus Lösungen verschiedener Konzentration

in Milligramm-Liter

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Anfänglich	P_2O_5	0,043	0,11	0,2	0,36	0,86	2,0	4,7	10,0	18,2	51,8	107,0	196
	NH_4	0,049	0,093	0,185	0,363	0,73	1,84	4,12	8,16	18,3	46,5	93,9	188
Nach 4 Std.	P_2O_5	0,045	0,108	0,21	0,364	1,00	2,35	4,5	9,75	17,3	45,8	101,0	152
	NH_4	0	0,069	0,135	0,278	0,444	1,225	3,37	7,04	15,8	38,3	83,6	172
Nach 12 Std.	P_2O_5	0,039	0,093	0,153	0,185	0,57	0,96	1,65	4,79	14,4	41,4	88,2	213
	NH_4	0	0,027	0,021	0,017	0,207	0,616	—	4,08	14,6	37,9	77,2	157
Nach 24 Std.	P_2O_5	0,038	0,050	0,085	0,14	0,278	0,367	1,13	3,65	12,2	—	96,2	—
	NH_4	0	0	0	0	0,059	0,519	0,29	3,53	11,3	35,0	74,5	153
Nach 96 Std.	P_2O_5	0,017	0,020	0,045	0,063	—	—	0,47	0,47	8,5	43,0	102,0	224
	NH_4	0	0	0	0	0	0	0	0,017	4,29	28,7	67,1	138

In kurzen Zeiträumen wird der Mechanismus der Aufnahme von PO_4 - und NH_4 -Ionen nicht durch Wachstumsfaktoren wie Licht, andere Nährsalze usw. beeinflusst, sondern die Aufnahme erfolgt scheinbar ziemlich in Übereinstimmung mit der Adsorptionsisotherme, wenigstens bei nicht zu extremen Konzentrationen, doch wissen wir ja, daß bei allen Absorptionsvorgängen eine gute Übereinstimmung mit der Adsorptionstherme auch nur innerhalb bestimmter Grenzen vorhanden ist. Die verschiedene Geschwindigkeit der Aufnahme von NH_4 - bzw. PO_4 -Ionen könnte kolloidchemisch dadurch erklärt werden, daß es sich hier um eine lyotrope Ionenreihe oder die HOFMEISTER'schen Reihen handelt. Die günstigsten Konzentrationsgebiete für die Ernährung der Pflanzen liegen der Größenordnung nach etwa zwischen 0.1 bis 10 mg, Zahlen, wie wir sie auch in natürlichen Bodenlösungen finden. Auch bei 0,04 mg nimmt die Pflanze besonders das Ammoniak noch sehr schnell und vollständig auf, das sind zugleich auch die niedrigsten Zahlen, die wir in natürlichen Bodenlösungen gefunden haben. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Konzentration natürlicher Bodenlösungen.

Tabelle 2

Bodenart	Fundort	Natürliche Bodenlösung (Pressaft)	Extrakt (1 Boden : 100 Wasser)
		mg P_2O_5 im Liter	
Moor	Dürrheim	0	—
Lehm	Hohenheim, Vers.-Station	0,036	0,02
Lehm, Untergrund	" "	0,045	0,04
Derselbe, Ackerkrume	" "	0,068	0,37
Kalkboden	Halle (Marbe)	0,06	0,22
Sandboden, Mittlerer Buntsandstein	Freudenstadt	0,10	—
Sandboden, Unterer Buntsandstein	"	0,28	—
Sandboden	Zehlendorf	0,70	—
Sandboden	Dahlem	0,12	—
Kompostboden	Hohenheim, Bot. Garten	1,7	5,7
Humus	" "	2,8	—

In einer Veröffentlichung vom Jahre 1926 habe ich als bestimmend für die Ernährung der Pflanze in einem Boden folgende Größen angenommen:

1. Die natürliche Konzentration der Bodenlösung, wie man sie z. B. durch Preßsäfte gewinnen kann.
2. Der Gesamtvorrat an wasserlöslicher Phosphorsäure.
3. Die Geschwindigkeit, mit der die entnommenen Nährstoffe durch Nachlieferung aus der Bodensubstanz wieder ersetzt werden.

Ich habe damals Ergebnisse über die Werte der drei Größen gebracht, die durch zahlreiche Bodenuntersuchungen gewonnen wurden. Diese Arbeiten sind dann in den letzten drei Jahren gemeinsam mit Herrn Dr. MEYER fortgesetzt worden, und wir haben auf Grund eines sehr großen Beob-

achtungsmaterials zur Beurteilung der pflanzenphysiologischen Bedingungen der P_2O_5 -Aufnahme aus einem bestimmten Boden jetzt eine einfache Methode ausgearbeitet, die Ihnen hier in Form eines Rezeptes vorgelegt wird.

DIE BESTIMMUNG DER WASSERLÖSLICHEN BODENPHOSPHORSÄURE (NACH VON WRANGELL)

1 g Feinerde (1-mm-Sieb) in natürlichem Feuchtigkeitszustand wird in 200-ccm-Erlenmeyerkolben mit 100 ccm destilliertem Wasser versetzt und 5—6 Stunden lang mit der Rotiermaschine (ca. 20 Touren je Minute) geschüttelt. Nach erfolgter Schüttelung wird die Lösung nach kurzem Absetzenlassen der schwereren Suspensionen in 100-ccm-Zentrifugengläser übergeführt und 20—25 Minuten lang (3000 Touren in der Minute) zentrifugiert. Die klar zentrifugierte Lösung wird möglichst quantitativ aus dem Zentrifugenglas herauspipettiert; der Rückstand im Zentrifugenglas wird mit neuen 100 ccm destilliertem Wasser zum Bodenrückstand in den bei der ersten Schüttelung benutzten Erlenmeyerkolben zurückgespült, worauf in gleicher Weise die nächstfolgende Extraktion erfolgt. In den beiden klaren Wasserextrakten wird jeweils sofort die Phosphorsäure nach der kolorimetrischen Methode nach VON WRANGELL¹⁾ bestimmt.

Der leichtlösliche Anteil der Phosphorsäure ist die Menge, die im ersten Wasserextrakt in Lösung gegangen ist.

Die Gesamtmenge an wasserlöslicher Phosphorsäure wird nach der Formel

$$x = \frac{a^2}{a-b}$$

rechnerisch ermittelt, wobei a die Phosphorsäure im ersten Extrakt, b diejenige im zweiten Extrakt darstellt.

Die so gewonnenen Zahlen übertragen wir auf 100 g Trockenboden und erhalten Größen, die mit den Ergebnissen der Keimpflanzenmethode von NEUBAUER vergleichbar sind.

An Stelle des Bodenpreßsaftes, dessen Gewinnung zeitraubend ist, bestimmen wir jetzt die Phosphorsäuremenge in einem Extrakt von 1 g Boden in 100 ccm Wasser. Machen wir zwei solche Extraktionen hintereinander, so können wir aus dem Abfall der Konzentration dieser beiden Extrakte die Gesamtmenge an wasserlöslicher Phosphorsäure feststellen, während uns der leichtlösliche Anteil der Phosphorsäure durch den ersten Extrakt gegeben wird und wir uns über die Nachlieferungsgeschwindigkeit ein Bild machen können, wenn wir den Verlauf der Kurve verschiedener Extrakte betrachten.

Die kolorimetrische Methode der Phosphorsäurebestimmung, die erstmalig von uns 1922 angewandt wurde, ist inzwischen in den verschiedenen Ländern teils nach unseren Vorschlägen, teils unabhängig von uns angenommen worden, so in Amerika und Rußland; in Deutschland arbeiten NIKLAS, DIRKS und BRESLAU mit ihr, wobei an einigen Orten kleine

¹⁾ Landw. Jahrbücher, Bd. 63 (1926) S. 669.

methodische Veränderungen vorgenommen wurden, die uns bei Nachprüfungen jedoch nicht als Verbesserungen erschienen sind. NEMEC tritt dafür ein, die Phosphorsäurebestimmung in Bodenlösungen nach der Molybdänblauemethode dem Landwirt in die Hand zu geben. Die Anordnung von NEMEC birgt aber erhebliche Schwächen in sich, die, ganz abgesehen von der Gefahr, dem Landwirt eine derartig empfindliche Methode in die Hand zu geben, an sich schon zu Irrtümern führen muß.

Wie sind nun die durch die Extraktionsmethode gewonnenen Zahlen? Sind es rein empirisch gewonnene oder gewertete Größen, wie wir sie z. B. bei der Keimpflanzenmethode erhalten, zugeschnitten auf ganz bestimmte konventionell festgelegte Bedingungen, oder lassen sie sich auch zahlenmäßig auf den Boden in seinen natürlichen Verhältnissen übertragen? Sind sie eine für jeden charakteristische, einigermaßen konstante Größe oder schwanken sie stark mit der Jahreszeit, den Niederschlägen und anderen Verhältnissen? Welche Genauigkeit gestatten sie? Läßt sich eine dem Boden dargebotene Düngung bzw. das durch die Pflanze Entzogene durch die Untersuchung nachweisen? Wie ist ihre Leistung im Vergleich mit der Keimpflanzenmethode und wie gestaltet sich ihre Ausführung in betreff der Einfachheit und Arbeitszeit? Alle diese Fragen will ich durch Beispiele beantworten.

Tabelle 3. Schwerer Lehm Boden.

Datum	Obergrund		Untergrund	
	Wasser %	mg P ₂ O ₅ im Liter	Wasser %	mg P ₂ O ₅ im Liter
1924 Oktober	16,1	0,063	15,6	0,035
Oktober	17,4	0,057	15,9	0,037
November	17,3	0,081		
Dezember	15,3	0,032	14,2	0,033
1925 Januar	15,7	0,031	15,2	0,031
Januar	14,3	0,032	13,9	0,030
Juli	13,5	0,049	12,2	0,043
Juli	—	0,040		0,038
August	16,4	0,040	12,2	0,052
Oktober	16,6	0,073	16,5	0,058
Oktober	18,3	0,067	16,5	0,048
November	18,3	0,077	17,8	0,040
Dezember	18,5	0,072	17,3	0,035
1926 Februar	20,8	0,078	18,8	0,036
März	19,5	0,223	18,0	0,084
März	17,5	0,210	16,5	0,140
April	12,4	0,12	15,9	0,04
Mai	17,7	0,08	13,4	0,04
Juni	19,7	0,08	15,6	0,05
Juni	20,0	0,09	15,1	0,05
Juli	17,9	0,05	14,1	0,03
Juli	21,0	0,06	15,7	0,03
August	15,3	0,09	16,9	0,04
September	10,0	—	11,0	0,03
November	10,0	—	12,2	0,05
Dezember	12,3	0,11	14,1	0,06
1927 Januar	14,1	0,09	12,2	0,07

Das Verhältnis Bodenmenge und Wasser ist von uns künstlich gewählt. Wir dürfen nicht zuviel Boden nehmen, um die Schüttelungen nicht zu lange fortsetzen zu müssen, und nicht zu wenig, daß die Gefahr einer Willkürlichkeit der Probe zu groß würde. Es ist uns aber natürlich klar, daß wir auf diese Weise einen Bodenextrakt gewinnen und nicht die natürliche Bodenlösung, wie man sie z. B. durch die Preßmethode gewinnt. Eine Reihe von vergleichenden Untersuchungen zeigt, daß unsere Bodenextrakte in ihrer Konzentration zahlenmäßig vom natürlichen Preßsaft abweichen, aber immerhin vergleichbar sind. Tabelle 2 zeigt die Beziehungen für den Nährstoff Phosphorsäure. Bekanntlich erhält man bei Anwendung größerer Mengen von Lösungsmittel verhältnismäßig mehr Phosphorsäure gelöst, da es sich nicht um einen reinen Lösungsvorgang mit einem erzielbaren Gleichgewicht handelt, sondern um Zersetzungsvorgänge unter dem Einfluß des Wassers. Das tritt natürlich besonders deutlich bei den Böden mit hohem Phosphorsäuregehalt in die Erscheinung.

Wie steht es nun mit der Konstanz der Preßsäfte bzw. Bodenextrakte? Ist dies eine innerhalb nicht zu weiter Grenzen schwankende und für jeden Boden charakteristische Größe, oder haben wir es bei ein und demselben Boden zu verschiedenen Jahreszeiten und je nach der Niederschlagsmenge mit außerordentlich schwankenden Größen zu tun? Unsere Bodenpreßsäfte, die wir an verschiedenen uns durch Gefäß- und Feldversuche gut bekannten Böden zu verschiedenen Jahreszeiten hergestellt haben, zeigen, daß die Konzentrationen nicht stark wechseln, daß sie für einen bestimmten, sei es leichten oder schweren Boden, eine charakteristische Größe besitzen, die durch die besonderen Eigenschaften des Bodens (Absorptionskraft, Reaktion) bedingt sind.

Tabelle 3a. Humoser Lehm Boden.

Datum		Obergrund		Untergrund	
		Wasser %	mg P ₂ O ₅ im Liter	Wasser %	mg P ₂ O ₅ im Liter
1925	November	29,0	0,10	17,7	0,086
	Dezember	28,9	0,095	20,1	0,080
	Dezember	25,1	0,10	17,6	0,035
1926	Januar	27,4	0,152	21,7	0,036
	Februar	35,6	0,304	22,4	0,152
	März	25,9	0,298	23,8	0,129
	März	25,3	0,320	21,0	0,070
	März	23,8	0,370	19,4	0,070
	April	21,4	0,173	19,3	0,038
	April	18,2	0,07	17,7	0,038
	Mai	25,6	0,07	16,8	0,04
	Juni	26,1	0,09	11,9	0,06
	Juni	24,8	0,11	14,1	0,05
	Juli	24,9	0,20	19,1	0,15
	Juli	18,7	0,16	19,8	0,06
	September	13,4	—	20,2	0,04
	September	14,0	—	14,7	0,03
	Oktober	13,5	—	15,1	0,07
	November	16,2	0,07	15,1	0,03
	Dezember	18,3	0,11	15,7	0,09
	Dezember	20,8	0,23	18,4	0,09
1927	Januar	21,7	0,21	18,9	0,093
	Februar	18,2	0,06	18,3	0,04
	März	16,5	0,05	—	0,04
	Mai	21,2	0,16	17,2	0,17

Tabelle 5.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Bodens	Bodenart	Extraktionsmethode (VON WRANGELL)		Keimpflanzenmethode NEUBAUER	Mehrertrag durch P ₂ O ₅ -Düngung	
			mg P ₂ O ₅ je 100 g Trockenboden			Gefäß- versuch %	Feld- versuch %
			leicht- löslich	Gesamt- menge			
1	Vers.-Stations-Boden	—	0,2	0,4	0,0	312	—
2	Kl. Hohenheim 1	leicht. Lehm	0,3	0,3	0,7	—	33
3	" 3	"	0,5	0,7	1,6	—	33
4	" 4	"	0,7	0,9	2,0	—	26
5	" 5	"	0,7	0,9	2,2	—	22
6	Glattbach 575	schwer. Lehm	0,6	1,1	1,1	134	—
7	Gerstetten 5	"	0,8	1,2	0,0	580	—
8	Bea.-Untergrund	"	0,4	1,3	0,0	107	—
9	Gerstetten 2	"	0,6	1,8	1,4	—	bedürftig
10	Möhringer Wald	kalkr. Lehm	2,2	2,7	3,4	41	fraglich
11	Schönberg	leicht. Lehm	2,3	3,5	2,6	—	7
12	Phosph.-Versuch 1a	schwer. Lehm	1,7	3,6	3,6	nicht	bedürftig
13	Phosph.-Versuch 1b	"	1,4	3,8	3,5	—	—
14	Kl. Hohenheim 5a	leicht. Lehm	1,1	4,2	5,4	—	—
15	Phosph.-Versuch 2b	schwer. Lehm	1,7	4,4	5,5	—	—
16	Phosph.-Versuch 2a	"	2,7	5,9	6,5	—	—
17	Kl. Hohenheim 4a	leicht. Lehm	5,4	6,2	3,8	—	—
18	Phosph.-Versuch 2	schwer. Lehm	2,2	6,2	3,2	—	—
19	Phosph.-Versuch 10a	"	2,5	6,4	6,9	—	—
20	Marbeboden	Kalkboden	2,2	7,3	3,7	—	schwankend
21	Phosph.-Versuch 10	schwer. Lehm	2,8	8,7	5,6	nicht	bedürftig
22	Phosph.-Versuch 1	"	2,4	8,8	5,2	—	—
23	Stat.-Versuch 1	"	2,5	9,0	7,3	—	—
24	Kl. Hohenheim 3a	leicht. Lehm	6,6	9,4	8,0	—	—
25	Zwerenberg	Sand	5,4	11,6	8,8	—	—
26	Stat.-Versuch 4	schwer. Lehm	2,9	11,9	8,0	—	—
27	Phosph.-Versuch 10b	"	2,9	13,5	7,2	—	—
28	Stat.-Versuch 3	"	5,0	14,1	10,8	—	—
29	" 6	"	5,0	15,7	8,5	—	—
30	" 2	"	5,5	15,7	10,4	—	—
31	Bea.-Obergrund	"	3,7	16,2	4,7	—	—
32	Stat.-Versuch 7	"	6,9	18,8	10,5	—	—
33	Stat.-Versuch 5	"	5,7	22,3	13,5	—	—
34	Phosph.-Versuch 4	"	11,2	22,7	16,6	—	—
35	" 8	"	10,6	31,0	18,4	—	—
36	" 4b	"	14,0	34,9	20,2	—	—
37	" 4a	"	10,2	36,0	16,3	—	—
38	" 8a	"	10,5	41,3	13,5	—	—
39	Mettingen 573	Gartenboden	46,7	125,7	52,9	—	—
40	Botanischer Garten	Kompostbod.	57,4	128,0	84,4	—	—
41	Mettingen 572	Gartenboden	51,4	123,5	45,0	—	—

genannt, der für Phosphorsäure eine starke Absorptionskraft besitzt und nur einen geringen Teil seiner wasserlöslichen Phosphorsäure von vornherein der Pflanze zur Verfügung stellt. Das gleiche läßt sich bei der Düngung mit schwerlöslichen Phosphaten sagen. Hier ist die Differenz zwischen dem leichtlöslichen, also dem bei der ersten Extraktion in Lösung gehenden Anteil zu der Gesamtmenge eine sehr große. In solchen Fällen

werden langlebige Pflanzen während ihrer langen Wachstumszeit ganz ausreichend mit Phosphorsäure versorgt, und die Böden sind, wie auch z. B. jahrelange Feldversuche auf unseren Hohenheimer Böden zeigen, nicht phosphorsäurebedürftig. Hier genügen jedoch die 14 Tage, welche die jungen Roggenpflanzen im Boden verbringen, nicht, um ein richtiges Bild über die Leistungsfähigkeit dieser Böden zu erhalten. Bei diesen Böden weicht infolgedessen das Ergebnis unserer Extraktionsmethode, sowie der Feld- und Gefäßversuche häufig von den Ergebnissen der Keimpflanzenmethode in dem Sinne ab, daß die erstgenannten drei Methoden keine Phosphorsäurebedürftigkeit nachweisen, dieser Boden der Keimpflanzenmethode zufolge es jedoch sein müßte. Endlich erhalten wir selbstverständlicherweise sehr viel höhere und auch richtigere Zahlen dort, wo es sich um extrem phosphorsäurereiche Böden handelt. Hier bleiben die Ergebnisse nach NEUBAUER weit hinter den unseren zurück, da den vierzehntägigen Roggenpflanzen natürlich eine Grenze in der Aufnahmefähigkeit gesetzt ist.

Tabelle 5a. Vergleichende Untersuchung von zwei P_2O_5 -reichen Böden.

	mg P ₂ O ₅ je 100 g Trockenboden			Pflanzenenerträge (Tomate, je 5 Pflanzen, frisch)	
	Extraktionsmethode VON WRANGELL		Keimpflanzenmethode NEUBAUER	20 Tage	3 Monate
	leichtlöslich	Gesamtmenge		nach Aufgang g	nach Aufgang g
1. Fresno, lehmiger Sand, Kalifornien	6,8	19,2	11,7	1,8 keine P ₂ O ₅ -Mangelerscheinungen	36 deutlicher P ₂ O ₅ -Mangel
2. Adobe, schwere Schwarzerde, Kalifornien	14,8	78,4	17,7	2,4 keine P ₂ O ₅ -Mangelerscheinungen	200 kein Mangel

Dieser zuletzt erwähnte Umstand würde die Zuverlässigkeit der NEUBAUER-Methode nicht angreifen, da sie ja nichts weiter unternimmt, als die Feststellung der Bedürftigkeit und diese Böden eben nicht düngedürftig sind; über den Gesamtvorrat an Phosphorsäure kann die Keimpflanzenmethode nicht genügend aussagen.

Ich fasse meine Ausführungen zusammen: Die Pflanze ist in ihrer Versorgung mit Nährstoffen ausschließlich abhängig von dem im Boden gelösten, bzw. löslichen Anteil; Gefäß- und Feldversuche, sowie Keimpflanzenmethode, die auch nichts anderes bestimmt als das Wasserlösliche, bestätigen das, sowie ein Vergleich mit Pflanzen, die in Nährlösungen wachsen, welche den natürlichen Bodenlösungen ähneln. Die Bestimmung dieses wasserlöslichen Anteils gibt uns einen Aufschluß über die Düngedürftigkeit der Böden, und zwar einen Aufschluß, welcher vollständiger und viel schneller zu erzielen ist als es durch die bisher angewandten Methoden möglich war.

Diskussion:

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Sie haben durch Ihren Beifall den Dank bereits ausgesprochen. Ich bitte nun um Wortmeldungen zur Diskussion.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Meine Damen und Herren! Ich habe selbst früher die Lösungserscheinungen im Boden nach allen Richtungen hin studiert; ich fing mit den pflanzenphysiologischen Arbeiten an, um die chemischen Lösungsversuche mit der Vegetation in Einklang zu bringen. Ich bin schließlich von der chemischen Analyse abgerückt, weil ich der Überzeugung bin, daß wir doch den Lösungsprozeß der Natur nicht im Laboratorium nachmachen können. Die Pflanze nimmt so z. B. aus schwefelsaurem Ammoniak das letztere auf, während die Schwefelsäure weiter auf die Löslichkeit der anderen Nährstoffe einen Einfluß ausüben kann. Die differenzierte Wegnahme eines Nährstoffes aus der Lösung können wir im Laboratorium leider nicht nachahmen. Was die Methode der Frau Kollegin VON WRANGELL anbelangt, so dürfte es meines Erachtens zunächst von Interesse sein, die Bodenextrakte mit den Preßsäften zu vergleichen. Ich stelle mir die Sache so vor, daß wir die Extraktkurve feststellen, d. h. die Löslichkeit der Nährstoffe in Abhängigkeit vom Wassergehalt. Das wird auch eine logarithmische Funktion sein, daß wir aus der Kurve alsdann die gelösten Nährstoffe beim Wassergehalt extrapolieren, bei welchem die Preßsäfte hergestellt werden. Das müßte mit den Preßsäften in Übereinstimmung zu bringen sein. Ferner drängt sich mir weiter die Frage auf, ob nicht der zufällige Kohlensäuregehalt des Wassers in verschiedenen Bodenarten einen in dem einzelnen Boden störenden Einfluß auf die Löslichkeit der Pflanzennährstoffe im Boden ausübt, so daß wir doch nicht zu einem klaren Vergleich der verschiedenen Bodenarten nach dieser Methode gelangen können.

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL-Hohenheim: Die Wirkung von schwefelsaurem Ammoniak läßt sich vollständig im Boden nachweisen. Wir finden, daß unsere Methode nicht ein reiner Laboratoriumsversuch ist; wir müssen die Möglichkeit haben, jeden Boden, wie er im Feld vorhanden ist, zu prüfen, und so haben wir Böden, denen wir Schwefelsäure zugesetzt haben, in Bezug auf Phosphorsäure geprüft und konnten feststellen, daß wir durchaus eine Zunahme der Löslichkeit der Phosphorsäure bei Beimengung von Schwefelsäure feststellen können. Prof. MITSCHERLICH fragt ferner, wie das Verhältnis von Bodenextrakt zu Preßsaft ist. Ich glaube nicht, daß wir zu einer befriedigenden mathematischen Lösung übergehen können. Wenn wir in einem Gramm Boden sehr wenig Phosphorsäure haben, so wird, wie die Tabellen zeigen werden, eine gewisse Gesetzmäßigkeit zu finden sein; denn bei diesem Verhältnis müssen wir die Gesamtmenge an Phosphorsäure herauslösen. Haben wir dagegen viel Phosphorsäure im Boden, so genügt die Menge des Bodens nicht, um das Lösungsgleichgewicht im ersten Extrakt zu geben. Da muß der zweite Extrakt hinzukommen. Infolgedessen müssen wir daran festhalten, daß wir verschiedene Zahlen bekommen, ob wir phosphorsäurearmen oder phosphorsäurereichen Boden haben; wir müssen dann im zweiten oder vierten Extrakt erhebliche Mengen erwarten. Infolgedessen läßt sich eine Gesetzmäßigkeit zwischen Bodenextrakt und Preßsaft nicht erwarten.

Die Kohlensäure löst, wie entsprechende Untersuchungen von Dr. MEYER gezeigt haben, aus alkalischen und neutralen Böden mehr F_2O_3 u. s. w. dies tut; bei sauren Böden ist eine CO_2 -Zugabe oft ohne deutliche Wirkung. Im allgemeinen verlaufen aber die Löslichkeitszahlen für H_2O und CO_2

gleichsinnig, so daß in den meisten Fällen der Wassereextrakt genügt; eine Heranziehung der Kohlensäure gestattet uns einen vollständigen Einblick in den besonderen Zustand des Bodens und der Bodenphosphorsäure.

Prof. Dr. WIESSMANN: Ich möchte nur erwähnen, daß auch ich kolorimetrische Untersuchungen zur Bestimmung der pflanzenaufnehmbaren, wasserlöslichen Nährstoffe ausgeführt habe. Ein Vergleich der auf diese Weise festgestellten P_2O_5 -Mengen mit den nach NEUBAUER aufgenommenen führte zu keiner guten Übereinstimmung. Das mag aber daran liegen, daß wir aus Mangel einer Zentrifuge filtriert haben. Ich werde zur Aufklärung weitere Untersuchungen anstellen.

Dr. TRÉNEL: Ich möchte Frau Prof. v. WRANGELL die Frage vorlegen, ob die Kieselsäure im Extrakt bestimmt worden ist. Die Reaktion zwischen Molybdän- und Phosphorsäure ist nicht eindeutig; die Kieselsäure gibt die gleiche Reaktion. Es ist notwendig, die Kieselsäure zu bestimmen, wie es NEMEC richtig tut. Dann möchte ich im Anschluß an den Vortrag von Frau Prof. v. WRANGELL auf die elektrischen Leitfähigkeitsversuche aufmerksam machen, die mein Kollege BENADE in der Geologischen Landesanstalt ausgeführt hat¹⁾. BENADE verwendete folgende Versuchseinrichtung: (Skizze auf der Tafel).

BENADE fand folgendes: Es ist nicht so sehr entscheidend, ob Sie sofort einen hohen Elektrolytgehalt im Extrakt haben. Wichtiger ist, und das hat auch Frau Prof. v. WRANGELL angedeutet, die Geschwindigkeit, mit der die Elektrolyte in Lösung gehen. Wir sind aber von der Leitfähigkeitsmethode abgekommen. Es ist nämlich, so elegant wie sie auch scheint, nicht möglich, ohne weiteres von der Leitfähigkeit auf den Elektrolytgehalt zu schließen, weil ein Gemisch von Salzen vorliegt; infolgedessen täuscht zum Beispiel ein hoher Kohlensäuregehalt — CO_2 hat ein hohes Kappa — einen hohen Elektrolytgehalt vor, obwohl er klein ist. Die zweite Schwierigkeit liegt darin, daß häufig Bakterien mitwirken. Bei hohen Temperaturen (25—30°) haben wir unter Umständen in zwei Stunden eine völlige Veränderung des Preßsaftes. Diese Schwierigkeit müßte bei der Methode v. WRANGELL genügend berücksichtigt werden.

Ing. Chem. Direktor KYAS-Brünn (Brno): Genügt eine doppelte Extraktion um die wasserlösliche Phosphorsäure vollständig zu extrahieren? GEDROIZ, JASSIN, SCHLÖSSING usw., arbeiteten mit mehrmaliger Extraktion und erhielten in jedem Extrakte größere Mengen von wasserlöslicher Phosphorsäure.

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL-Hohenheim: Ich möchte zunächst Herrn Dr. TRÉNEL antworten: Die Kieselsäure stört bei unserer Methode nicht. Ich glaube, daß NEMEC früher ein anderes Mittel angewendet hat als wir. Er hat, glaube ich, mit Hydrazin gearbeitet, dabei stört die Kieselsäure. Jetzt ist NEMEC auf die Reduktion mit Zinnchlorür übergegangen. Wir haben Kieselsäure angewandt, indem wir Phosphorsäurelösung mit kolloidaler Kieselsäure versetzt haben. Die Fehler betragen 0,02 mg. Bei einzelnen Düngemitteln stört die Kieselsäure jedoch außerordentlich. Ich will darauf hinweisen, daß man die P_2O_5 so im Rhenaniaphosphat überhaupt

¹⁾ Z. f. Pfl. Düng. u. Bodenkd. XII, 293.

nicht bestimmen kann. Was die Fragen wegen des Preßsaftes betrifft, so möchte ich Dr. TRÉNEL noch einmal um eine formulierte Fragestellung bitten.

Dr. TRÉNEL: Ich wollte darauf hinweisen, wie schwierig es ist, einwandfreie Preßsäfte zu erzeugen. Wenn man nicht sorgfältig die Tätigkeit der Bakterien ausschaltet, können durch die Tätigkeit der Bakterien die Messungen gefälscht werden.

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL: Die Untersuchung der Bakterientätigkeit wird von uns in Angriff genommen und zwar nicht eigentlich unter dem Gesichtspunkt, daß die Bakterien stören, sondern unter dem hoffnungsvollen Gesichtspunkt, daß wir über die Löslichmachung der Phosphorsäure durch Bakterien etwas erfahren könnten, wurden Versuche gemacht. Wir haben die Bodenpreßsäfte steril hergestellt oder aber in nicht sterilem Zustande 24 Stunden stehen lassen und dann beide untersucht. Ich muß sagen, daß wir bis jetzt in unserem Sinne zu einem negativen Resultate gelangt sind, im Sinne von Dr. TRÉNEL zu einem positiven. Wir setzen aber die Versuche fort, denn wir stehen auch auf dem Standpunkt, daß die Frage der Löslichkeit der Phosphorsäure stark durch Bakterien beeinflusst wird.

Dann möchte ich mich an Dr. KYAS wenden. SCHLÖSING hat ähnliche Versuche durchgeführt. Er hat mit 100 g Boden gearbeitet; wir arbeiten mit 1 g Boden und bestimmen es nach kolorimetrischen Methoden. Den Abfall finden wir so exakt, weil wir 1 g Boden nehmen. (Zuruf MITSCHERLICH: Wie groß ist der Mischungsfehler?). Wir haben mit unseren Methoden keinen großen Mischungsfehler feststellen können, wenn er auch 10 oder 20% beträgt. Wir beschränken uns darauf, anzugeben, wenn er 0,04 oder 0,05% ist.

Prof. Dr. RIPPEL-Göttingen: Ich möchte eine kurze Frage an Dr. TRÉNEL richten: Woraus schlossen Sie auf Bakterientätigkeit?

Dr. TRÉNEL: Daraus lediglich, daß sich die Leitfähigkeit des abgelaufenen Filtrats unkontrollierbar änderte. BENADE hat sich in dieser Frage mit LÖHNIS in Verbindung gesetzt, und er empfahl ihm, mit Schwefelkohlenstoff zu sterilisieren. Dann bekam er die Schwankungen nicht; wir haben aber die Methode verlassen, weil die verschiedenen Kappa in einem Elektrolytgemisch verschieden sind. Wir haben ja nicht nur Phosphorsäure und Kali, sondern ein Gemisch von Stickstoffverbindungen, Kali und Phosphorsäure. Daher scheint die elektrische Methode nicht brauchbar.

Prof. Dr. RIPPEL: Die Sache erklärt sich vielleicht einfacher bei einer anderen Methode, bei der mit großem Wasserüberschuß gearbeitet wird. Das kommt doch aber hier nicht in Frage, ich könnte mir vorstellen, daß die Sache so liegt, daß nach zwei Stunden sich Kohlensäure findet. Es können sich die Diffusionskanäle durch Kohlensäure verstopfen.

Dr. TRÉNEL: Die Kohlensäure wurde abgesaugt, weil die Lösungen durch Saugen in das andere Maßgefäß überführt wurden.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Haben Sie nicht untersucht, was die verschiedenen Pflanzen von demselben Boden aufnehmen? Für mich wäre

das interessant; z. B. wenn Sie Hafer und Lupinen nehmen und dann nach Ihrer Methode arbeiten.

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL: Wir haben durchgängig Roggen verwendet, um unsere Methode mit der nach NEUBAUER vergleichen zu können. Die Analyse ist aber noch nicht durchgeführt. Wir werden feststellen, ob die NEUBAUER-Zahlen oder unsere stimmen, und ob tatsächlich pro 100 g Trockenboden soviel Nährstoffe entnommen werden.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Verschiedene Pflanzen haben Sie nicht geprüft?

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL: Nein, wir wollten die Antwort eindeutig haben. Später werden wir andere Pflanzen nehmen.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Ich bin der Ansicht, daß die Ergebnisse verschieden ausfallen werden.

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL: Das ist das, was man mit Aufschließungsvermögen bezeichnet. Ich will andeuten, daß wir die Geschwindigkeit der Aufnahme messen und gefunden haben, daß Getreide aus verdünnten Lösungen nur langsam imstande ist, Phosphorsäure aufzunehmen, während Senf und Hanf sie viel schneller aus verdünnten Lösungen aufnehmen.

Dr. CROWTHER asked whether it had ever happened that the concentration of phosphoric acid in the second water extract was greater than that in the first extract. In extracting phosphoric acid from certain types of basic slag by salt solutions we have found at Rothamsted, that the concentration of phosphoric acid increases for a number of successive extractions, presumably through a progressive reduction of the calcium concentration. Any such action in the soil would make it impossible to use the simple formula for two extractions for the estimation of the total water soluble phosphoric acid.

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL: Dr. CROWTHER fragt an, ob wir die Beobachtung gemacht haben, daß im zweiten Extrakt die Konzentration höher war und macht darauf aufmerksam, daß er diese Beobachtung gemacht hat. Er führt sie zurück auf Kalk. Ich kann die Beobachtung bestätigen, die Löslichkeit ist groß. Wir haben auch die Beobachtung an Böden gemacht. Wir haben alkalische Böden gehabt, bei denen wir im ersten Extrakt weniger fanden als im zweiten. Besonders auffallend ist, wenn wir, wie es MITSCHERLICH tut, Kohlensäure anwenden. In alkalischen Böden finden wir im ersten Extrakt wenig und im zweiten mehr, weil große Mengen von wirksamem Kalk im ersten Extrakt sind.

CHEMISCHE BETRIEBSKONTROLLE IN DER LANDWIRTSCHAFT

Von Dr. phil. O. ARRHENIUS-Stockholm

Obgleich der Ackerbau immer noch unseren wichtigsten Erwerbszweig bildet und ungefähr 40% unserer Bevölkerung ernährt, ist er doch die am irrationalsten geleitete „Industrie“. Wenn man einen Landwirt z. B. nach einer Berechnung, die die Beurteilung der Produktionskosten eines Liters Milch ermöglicht, fragt, kann dies zur Zeit noch immer nicht selbst bei der wohlgeordnetsten Buchführung ohne weiteres berechnet werden, schon deshalb, weil wir nicht recht den Wert eines der wichtigsten Nebenprodukte eines Gutes, des Düngers usw., schätzen können. Ebenso, wenn man die Frage stellt: Wie düngen Sie?, so erhält man meistens Antworten wie: „Nach meiner Erfahrung, oder wie meine Nachbarn es machen, oder wie mein Vater es tat usw.“ Die wichtigsten Maßnahmen für jeden Pflanzenanbau werden also meistens noch ins Blaue hinein vorgenommen.

Wir müssen eine mehr rationale Aufnahme des vorliegenden Problems erstreben; der Weg, der uns bei Düngungsfragen offen steht, ist der einer Betriebskontrolle. In der Industrie ist diese Kontrolle ja bereits überall durchgeführt worden, während sie auf dem Gebiet der Landwirtschaft fast vollkommen fehlt.

Schon mit dem ersten Auftreten der Agrikulturchemie kam der Gedanke auf, daß man den Düngungsbedarf des Bodens bestimmen könnte, indem man ihn nach seinem Gehalt an Nährstoffen untersucht und die Menge, die die Pflanzen davon aufnehmen, erforscht. Es zeigte sich jedoch bald, daß der eingeschlagene Weg nicht zum Ziele führen konnte.

Man ging immer mehr dazu über, den Düngungsbedarf und die Wirkung des Düngemittels durch Anlegung von Feldversuchen und verschiedenen Arten von Topfversuchen zu erforschen. In Verfolg dieses Weges hat man bei der Anwendung unserer Düngemittel eine große und wichtige Erfahrung gemacht, aber als Kontrollmethode für jeden einzelnen Fall haben diese Feldversuche keine größere praktische Bedeutung bekommen, weil sie sich zu teuer stellen.

Wir müssen uns deshalb nach anderen Wegen umsehen.

Die Forderungen, die wir an Methoden zur Betriebskontrolle in der Landwirtschaft stellen müssen, sind folgende:

1. Zwischen dem Resultat der Analysen und den ökologischen Faktoren muß sich ein gewisser Zusammenhang finden lassen, der sich wiederum in dem Zusammenhang zwischen den betreffenden Analysenresultaten und der Erntesteigerung, die durch eine gewisse Düngung verursacht wird, ausdrückt. Gewünscht ist, daß dieser Zusammenhang sich möglichst gut physiologisch erklären läßt.

2. Die Analysenmethoden müssen in der Ausführung einfach sein und auch schnell ein Resultat ergeben. Vor allem dürfen sie keine hohen Kosten verursachen. Man muß eine Probe von jedem ha, jedem Acre, untersuchen können, ohne daß die Kosten für jede dieser kleinen Einheiten 50 Pf. pro Analyse übersteigen.

Inwieweit sind nun dergleichen Untersuchungen bereits zur Ausführung gekommen? Das Gebiet, worin die Kontrolle bisher am weitesten gelangte, ist das des Säuregrades des Bodens, pH.

Durch eine Reihe Untersuchungen konnte Vt. beweisen, daß die verschiedenen Kulturpflanzen ganz verschiedene Ansprüche an die Reaktion des Bodens stellen. Wir sehen dieses Verhältnis in der folgenden Tabelle wiedergegeben. Man kann also, wenn man die Bodenreaktion bestimmt, sagen, welche Pflanzen am besten bei dem pH des betreffenden Bodens wachsen. Meistens muß man aber in der Praxis der Landwirtschaft wegen Preisverhältnisse und ähnliches, bestimmte Pflanzen anbauen, die ganz andere Ansprüche an die Bodeneigenschaften stellen, als der Boden sie zur Zeit hat. Man muß dann die Bodenreaktion durch Kalkzusatz zu ändern versuchen. Die Menge Kalk, die dazu erforderlich ist, kann man, jedenfalls was Schweden betrifft, bestimmen, indem man die Bodenart feststellt und die Reaktion mißt.

Tabelle 1

— gibt den Maximal-Ertrag verschiedener Kulturpflanzen
im Reaktionsgebiet 4,5—8 an

Pflanze	Reaktionszahl				
	4,5	5	6	7	8
Roggen		—			
Rüben		—			
Kartoffeln		—			
Hafer, Dala			—		
„ Gullregn		—			
„ Klock III		—			
Timothygras		—			
Fuchsschwanz			—		
Seradella			—		
Erbsen, Concordia			—		
Kohlenrüben			—		
Klee, rot			—		
Winterweizen				—	
Sommerweizen				—	
Gullgerste				—	
Zuckerrüben				—	
Luzerne					—

Zur Bestimmung der Bodenreaktion ist teils die elektrometrische (Chinhydrone) teils die kolorimetrische Methode zur Anwendung gelangt. Mit diesen beiden, die, was Genauigkeit und Sicherheit betrifft, gleichwertig sind, kann man täglich an tausend Proben bestimmen. Die Kosten für die Bestimmungen betragen etwa 10 Pf. pro Stück. Bei den von mir geleiteten Untersuchungen habe ich hauptsächlich die kolorimetrische Methode angewandt. Die Resultate der systematischen Untersuchungen werden auf Karten niedergelegt. Beispiele dafür finden wir in Figur 1 und 2.

Im Jahre 1924 wurden systematische Untersuchungen der schwedischen Zuckerrübenböden begonnen, die in diesem Jahre wahrscheinlich ihren Abschluß finden werden. Dadurch kennt jeder Zuckerrübenpflanzer die Reaktion seines Bodens und weiß, wieviel Kalk er geben muß, um den Boden zu neutralisieren.

Diese Untersuchung ist die größte, die bisher ausgeführt worden ist. Sie erstreckt sich augenblicklich auf über 3—400000 ha. In dem Rohrzuckerdistrikt auf Java hat Vt. eine ähnliche Untersuchung in Gang gesetzt, die jetzt wohl über 300000 ha umfaßt.



Figur 1

Bodenreaktion auf Klägerup.

Das Gut ist für schwedische Verhältnisse besonders alkalisch.

Überall in der Welt macht man jetzt dergleichen Untersuchungen; z. B. haben die landwirtschaftlichen Vereinigungen in Holland ein besonders schön und zweckmäßig eingerichtetes Laboratorium gegründet, wohin man Proben zur Bestimmung des Kalkbedarfs einsenden kann. In Deutschland, Finnland usw. sind auch systematische Untersuchungen von größeren oder kleineren Gebieten angestellt worden, und man kann wohl sagen, daß es



Figur 2

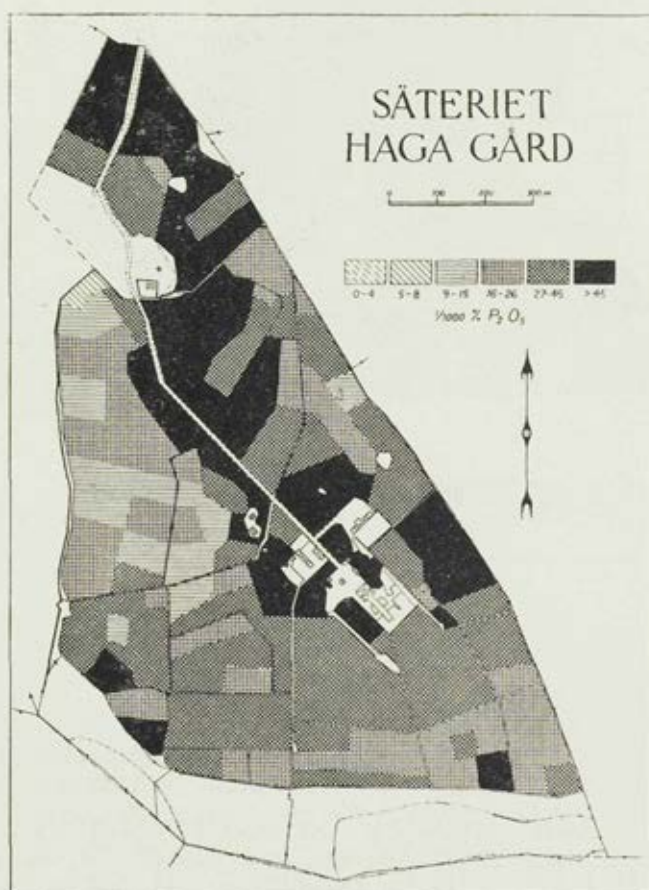
Bodenreaktion auf Kagghamra.
Das Gut ist durchgehend sauer bis stark sauer.

jetzt kaum mehr ein agrikulturchemisches Laboratorium auf der Welt gibt, wo nicht ähnliche Verhältnisse untersucht werden.

Bei der Zuckerversuchsanstalt in Pasoeroean auf Java ist eine der wichtigsten Untersuchungen, soweit sie die Beurteilung des Bodens betreffen, die Phosphatanalyse gewesen. Man hat nämlich dort gefunden, daß man durch Untersuchung der in 2%igen Zitronensäure löslichen P_2O_5 des Bodens einen Maßstab für den Bedarf des Bodens an Phosphorsäuredüngung hat. Zu ähnlichen Resultaten sind auch LEMMERMANN und ein Teil anderer Forscher gekommen. Die letzteren haben jedoch nicht ausreichend großes Material zur Hand gehabt, um definitive Schlüsse ziehen zu können.

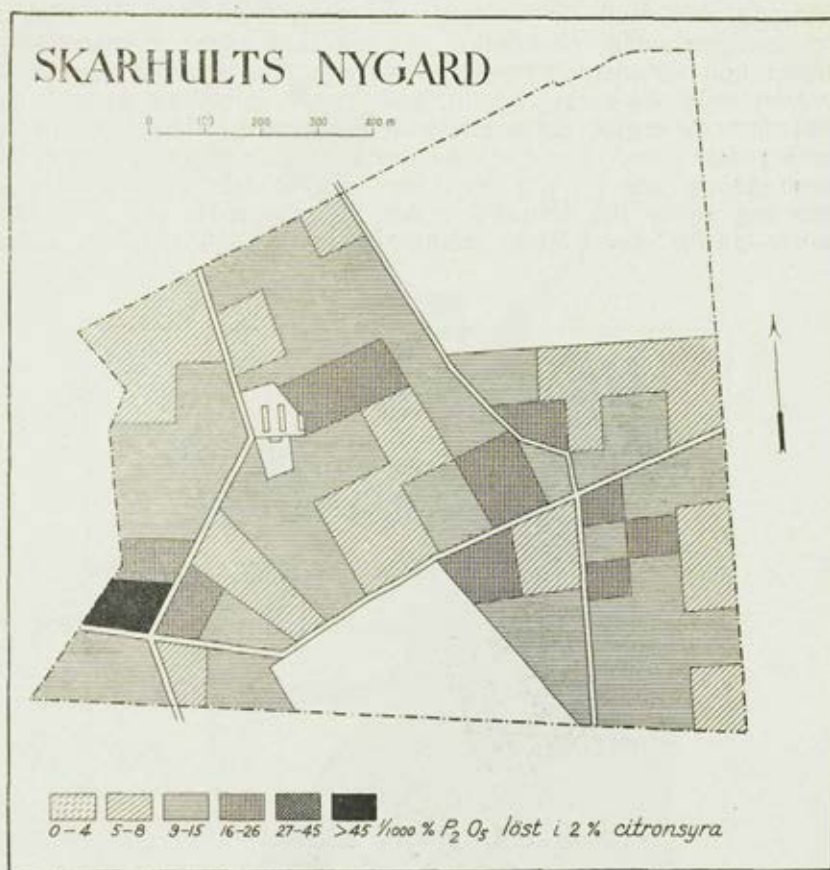
Vi. hat während des letzten Jahres in Schweden eine große Anzahl Bodenproben von Plätzen untersucht, wo Feldversuche angelegt worden sind. Die Proben sind auf Phosphatgehalt untersucht und diese Resultate darauf mit den Ziffern der Feldversuche verglichen worden. Die Resultate berechnet nach MITSCHERLICH und die beobachteten Werte stimmen sehr gut, und in der Regel kann so formuliert werden, daß, je niedriger der Phosphatgehalt um so viel höher die Erntesteigerung ist, die durch eine bestimmte Phosphatgabe verursacht wird.

Es bleibt also zu erforschen, ob wir nicht für die Phosphorsäurebestimmung eine Methode besitzen, mit deren Hilfe wir die praktischen Untersuchungen ausführen können. Vf. hat eine solche in Pasoeroean ausgearbeitet und sie späterhin noch verbessert. Sie gründet sich auf BELL-DOISYS Methode, die darauf beruht, daß Phosphormolybdat durch Reduktion eine Blaufärbung ergibt, deren Intensität in einem gewissen Verhältnis zum Phosphatgehalt steht. Die Methode gestattet eine Sicherheit in der Phosphatbestimmung von 0,1 mg per Liter und ist sehr einfach. Die ganze Bestimmung sowie die Extraktion der Phosphorsäure mit Zitronensäure kostet 10—15 Pf. Zwei Mann können täglich 2—300 Analysen ausführen.



Figur 3

Phosphorsäuregehalt des Bodens auf Gut Haga.
Große Gebiete sind sehr phosphorsäurereich, andere dagegen sehr arm.



Figur 4

Phosphorsäuregehalt des Bodens auf Gut Skarhults Nygård.
Sehr phosphatarm.

Wir können deshalb auf Grund solcher Karten sagen, wo der Boden Phosphorsäure bedarf und wo nicht, mit einer Sicherheit von 80—90%.

Es ist bedeutend schwieriger, den Stickstoffbedarf des Bodens zu bestimmen. Die Menge leichtlöslichen, und deshalb für die Pflanzen zugänglichen Stickstoffs im Boden beruht ganz auf biologischen Prozessen. Ein biologischer Prozeß ist ja stets von den äußeren Umständen abhängig und deshalb fällt die Nitratproduktion des Bodens verschieden aus in feuchten und trockenen Jahren usw.

Man kann daher nicht im voraus sagen, ob ein Boden wenig oder viel Nitrat produzieren wird. Aber was man dahingegen untersuchen kann, ist, wie ein Boden nitrifiziert, wenn dieser sich unter den bestmöglichensten

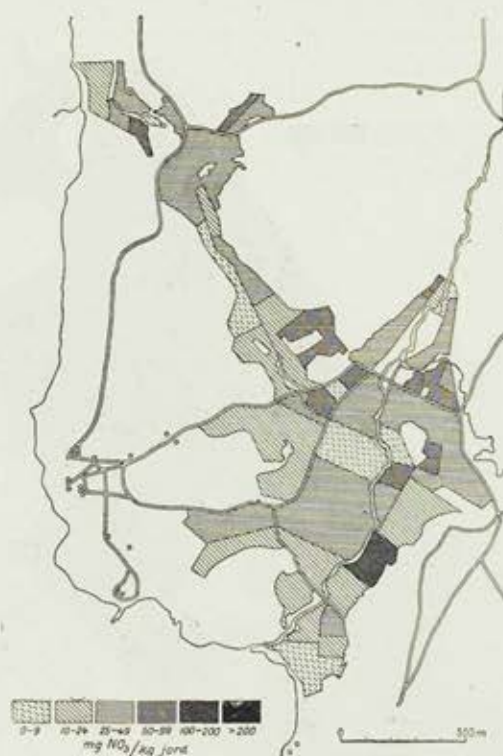


Figur 5
Nitratproduktion auf Tornby.
Der Boden ist besonders stark nitratproduzierend.

Umständen befindet. Solche Untersuchungen habe ich sowohl hier als auf Java ausgeführt und dabei gefunden, daß eine umgekehrte Proportionalität zwischen dem Düngungsbedarf und der Nitratproduktion vorliegt.

Zur Bestimmung des Nitratgehaltes des Bodens hat mein Mitarbeiter RIEHM eine Methode ausgearbeitet, die sich darauf gründet, daß Diphenylamin in starker Schwefelsäurelösung eine Blaufärbung mit Nitraten ergibt. Untersuchungen nach dieser Methode stellen sich auf etwa 10 Pf. pro Analyse. Beispiele für schwedische Untersuchungen siehe in Figur 5 und 6.

Das Kali ist ja auch eines der wichtigsten Nährstoffe und es ist deshalb von größter Bedeutung, den Kaligehalt des Bodens kennenzulernen. Wir haben in der letzten Zeit auch eine Analysenmethode ausgearbeitet, welche Untersuchungen zum Preise von etwa 5 Pf. pro Stück und mit einer Geschwindigkeit von etwa 200—300 pro Mann und Tag gestattet. Die Methode gründet sich auf der Ausfällung des Kaliums als Kobaltinitrit, in



Figur 6

Nitratproduktion auf Kagghamra.

Der Boden ist im großen und ganzen schwach nitratproduzierend.

dem dann das Kobalt kolorimetrisch bestimmt wird. Zwar haben wir noch keine gute Extraktionsmethode gefunden, die vom pflanzenphysiologischen Standpunkte aus zu erklären wäre, weshalb wir uns auch noch nicht äußern können, ob dieser Weg zum Ziele führt.

Das Chlor spielt in den Tropen eine große Rolle als Pflanzengift; es ist deshalb wichtig, dessen Verteilung zu kennen. Auch dafür sind Karten nach demselben Prinzip wie vorher erwähnt zum Preise von 10 Pf. pro Analyse hergestellt worden.

Wie bereits oben erwähnt, können wir diese Untersuchungen sehr billig ausführen, so daß detaillierte Untersuchungen von Gütern möglich sind. Um das Resultat auf die anschaulichste Weise wiederzugeben, muß es in Form von Karten aufgetragen werden. Beispiele für solche Karten findet man in Figur 1—6.

Kann man nun einfach die Düngung nach diesen mitgeteilten Karten ausführen? Können wir so durch eine chemische Analyse den Düngungsbedarf des Bodens bestimmen? Diese Fragen müssen wir mit einem kräftigen Nein beantworten. Wir müssen bei der Deutung der Resultate, die wir aus unseren Bodenanalysen bekommen,

ständig in Erinnerung behalten, daß wir es hier mit einem rein empirischen Zusammenhang zu tun haben, daß wir deshalb nicht einem Naturgesetz sondern einer Erfahrungsregel folgen. Die Bodenanalyse kann darum nicht den Vegetationsversuch ersetzen, aber vereint können diese beiden Methoden zu einem besonders guten und ertragreichen Resultat führen. In folgenden Punkten will ich angeben, wie dieses Zusammenarbeiten geschehen soll und welche Vorteile man erhalten kann, verglichen mit den augenblicklichen Verhältnissen, wo wir nur mit Hilfe von Vegetationsversuchen arbeiten.

1. Mit Hilfe dieser neuen Methode können wir eine Karte über ein Gut mit geringen Kosten machen. Sie betragen in der Regel nur 10 bis 50 RM.

Eine Karte, z. B. über den Phosphatgehalt eines Gutes, zeigt uns die Verteilung dieses Stoffes und mit Hilfe der Erfahrungsregel, die oben in Form von Resultaten einer großen Anzahl Versuche dargelegt worden ist, können wir also mit einer gewissen, ziemlich großen Wahrscheinlichkeit sagen, wo Phosphorsäure nötig ist oder nicht.

Die Erfahrungen über die Wirkung der Phosphatdüngung, die Entwicklung der Vegetation usw., die im Laufe der Zeit gemacht werden, können mit den Aufklärungen verglichen werden, die die Karten geben. Aus diesen Feldbeobachtungen kann ein ganzer Teil interessanter Schlußsätze gezogen werden.

2. Wenn auf einem Gut z. B. die Phosphorsäurefrage mit Hilfe von Feldversuchen untersucht werden soll, würde dieses eine besonders große Anzahl Versuche erfordern, je mehr, desto ungleichartiger der Boden ist. Manchem scheint es einfach zu sein, eine große Anzahl Feldversuche anzulegen. Aber solche sind ziemlich teuer; ein gewöhnlicher schwedischer Feldversuch kostet etwa 100 Kr.¹⁾, wenn man alle Arbeit und Kosten einberechnet, die sowohl der Allgemeinheit als dem Einzelnen auferlegt werden. Es handelt sich deshalb um große Summen. Kennen wir dagegen den Zustand des Ackerbodens durch eine Phosphatkarte, so können wir aus einer kleinen Zahl Feldversuche, die auf die verschiedenen Phosphattypen ausgelegt werden, dieselben Schlußsätze (zudem vielleicht noch sicherer) ziehen, als aus einer großen Anzahl blind angelegter Feldversuche.

3. Ein Feldversuch soll ja nicht allein auf die Frage: düngen oder nicht düngen Antwort geben, sondern auch Aufklärung über das wieviel. Bei der Ausführung solcher speziellen Versuche, sowie bei der Beurteilung der Größe der Düngergabe im gewöhnlichen Versuch, gibt die Bodenanalyse eine besonders gute Orientierung, da man ja im voraus weiß, ob man es mit einer wahrscheinlich phosphatreichen oder -armen Erde zu tun hat.

4. Diese Karten geben also ein gutes Bild über die Verhältnisse auf den Gütern und sie sind deshalb auch von großem Nutzen z. B. bei Besitzerwechsel, bei Wechsel des Verwalters und bei allen ähnlichen Fällen, wo es aus dem einen oder anderen Anlaß nötig ist, den in Frage kommenden Bodenzustand zu demonstrieren.

¹⁾ Außerdem muß man berücksichtigen, daß von drei angelegten Feldversuchen in der Regel nur einer so glückt, daß sein Resultat anwendbar ist.

Diskussion:

Dr. BELGRAVE asked Dr. ARRHENIUS whether he had considered the effect of iron on the BELL-DOISY or other reduction methods for the estimation. He had found that very small quantities of ferric iron prevented color development.

Dr. ARRHENIUS: Es wird gefragt, wie man die störende Wirkung des Eisens überwinden kann, also speziell in den tropischen Böden: da kommen große Mengen Eisen in die Lösung, und das stört die Reaktion, die Entstehung der Blaufärbung. Wir haben gerade die Eisenfrage studiert. Es ist merkwürdig zu sehen, und es war wirklich ein Zufall, als ich nach dieser Methode anfang, in den Tropen zu arbeiten — ich arbeitete unter einem Schuppen, und es war sehr warm, wir hatten 40—50° — liefen Anfragen von Zuckerfabriken über diese Untersuchungsmethode ein. Von einer Zuckerfabrik kam die Nachricht: Wir können keine Blaufärbungen bekommen. Wir reisten hin, und ich habe Resultate bekommen. Aber wir arbeiteten in einem sehr dunklen Zimmer. So hatte ich Klageschreie von verschiedenen Stellen gehört und beschlossen, die Methoden weiter in Schweden auszuarbeiten. Ich kam zurück und habe mit den Untersuchungen angefangen, und wir konnten keine Blaufärbungen bekommen. Zum Schluß habe ich gefunden, daß es an der Temperatur lag. Also da arbeiteten wir bei 40—50° Celsius; in Europa arbeitet man bei 20°. Dann habe ich natürlich Eisensalze hinzugefügt, vor allem Eisenzitrat und gefunden, daß das, was man in Lösung bekommt, im Bodenextrakt keine Rolle spielt, wenn man bei hoher Azidität arbeitet. Die hohe Azidität macht, daß wir teils die Silikate ausschalten können, teils macht es, daß der Einfluß des Eisenzitrats vollkommen ausschaltet.

Prof. Dr. ZIELSTORFF-Königsberg. Der Referent hat u. a. erwähnt, daß er die Böden mit 2%iger Zitronensäure ausschüttelt; ich erlaube mir an ihn die Anfrage, ob und wie weit er hierbei den etwaigen Kalkgehalt des Bodens berücksichtigt hat, da naturgemäß bei einem verschiedenem Kalkgehalt auch völlig voneinander abweichende Ergebnisse hinsichtlich der P_2O_5 und des Kaligehaltes gefunden werden.

Dr. ARRHENIUS: Die Böden, die wir haben, hatten 10—15%. Die Methoden waren schon vor meiner Ankunft ausgearbeitet, und wir haben große Mengen Zitronensäure angewendet. Dadurch haben wir das ausgeschaltet. Dann habe ich in Schweden Böden untersucht, die Kalk und Phosphorsäure enthalten.

Dr. ESCHENHAGEN-Stettin: Nicht vom wissenschaftlichen, sondern vom praktischen Standpunkte einige Ausführungen. An der Bodenuntersuchungsstelle einer preußischen Landwirtschaftskammer tätig, teile ich vollkommen den Standpunkt des Vortragenden. Die Bodenuntersuchungen müssen so schnell und billig ausgeführt werden, daß sich ihrer der praktische Landwirt ohne finanzielle Hemmungen bedienen kann. Es werden im allgemeinen mehr Reaktionsuntersuchungen als Nährstoffbestimmungen gemacht, weil erstere schneller und billiger durchzuführen sind. Die Bestrebungen in den Bodenforschungen sollten sich daher von folgenden Gesichtspunkten leiten lassen:

1. Ein Laboratorium, dessen Tätigkeitsbereich sich etwa über das Ausmaß einer preußischen Provinz erstreckt, muß innerhalb 24 Stunden ca. 100 Bodenproben auf Kali und Phosphorsäure untersuchen können.

2. Bau und Einrichtung eines solchen Laboratoriums sollen keine hohen Anforderungen stellen, insbesondere sollten sich Wasserbäder, Abzüge usw. erübrigen.

3. Der Analyse muß ein Vorgang zugrunde liegen, der gesetzmäßig ist.

4. Das Ergebnis muß dementsprechend relativ verwertbar sein; auf die quantitative Angabe wurzellöslicher, bezw. pflanzenaufnehmbarer Nährstoffe wird kein Wert gelegt.

5. Die Ergebnisse müssen zu ca. 90 % Wahrscheinlichkeit stimmen und durch die Praxis, bezw. durch den Feldversuch gestützt sein.

6. Diese Ergebnisse müssen Fehler der Düngung durch bessere Vorschläge beseitigen können.

7. Die Preise müssen so niedrig sein, daß die Untersuchung im Höchstfall auf einen Nährstoff ca. 5 RM., auf Reaktion 1 RM. kostet.

Prof. Dr. ZIELSTORFF: Ich nehme Sie gleich mit, gebe Ihnen einen Arbeitsplatz, und Sie fangen heute nachmittag an. (Große Heiterkeit.)

Anmerkung: Zu Punkt II der Tagesordnung lagen keine Referate vor.

PUNKT III DER TAGESORDNUNG: BODENREAKTION UND PFLANZENERTRAG

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Gestatten Sie, daß ich die Sitzung wieder eröffne und Herrn Prof. Dr. GOY bitte, seinen Vortrag zu halten.

ÜBER BODENGRUPPEN UND DEREN QUANTITATIVE BEZIEHUNGEN ZUM VERSAGEN DER BESSEREN PFLANZEN, SOWIE DIE EINZELKENNZIFFERN DES KALK- UND SÄUREZU- STANDES DER MINERALBÖDEN

Von Prof. Dr. GOY-Königsberg

a) Beziehung der Einzelkennziffern zueinander.

Für die Kennzeichnung des Kalk- und Säurezustandes der Mineralböden sind eine ganze Reihe Kennziffern ermittelt, es sind das eine Reihe von Zahlen für den

1. Säurezustand,
2. Adsorptionszustand,

den Gehalt an

3. Reservestoffen und schließlich
4. den biologischen Zustand der Böden.

Diese Zahlen gehen aber nicht alle so miteinander Hand in Hand, daß aus einer derselben notwendig sich die Größe einer anderen ergibt, so daß nicht die Bestimmung einer Zahl allein genügend ist, um den Kalk- und Säurezustand eines Bodens namentlich auch für praktische Verhältnisse ausreichend zu charakterisieren. Außerdem ist das Gebiet des Kalk- und Säurezustandes zwischen den Extremen ein so großes und die Vielfältigkeit der Erscheinungen so mannigfaltig, daß eine Unterteilung des Gebietes notwendig erscheint, um die Böden untereinander vergleichen zu können, sowie genauere Gebietsabgrenzung beim Versagen der Böden dem Pflanzenwachstum gegenüber zu ermöglichen, so findet sich z. B. noch gelegentlich „Austausch“ oder was dasselbe ist, leicht lösliche Säure bei Böden mit über 0,4 % austauschbarem Kalk, hydrolytische Säure, von uns schwer lösliche Säure genannt, findet sich selbst bei Böden über 2 % CaCO_3 , auch bei Anwesenheit von, wenn auch nur Spuren, CaCO_3 kann die Austauschsäure über 15 ccm nach DAIKUHARA erreichen. Auch der Gehalt an austauschbarem Kalk kann recht hoch werden, ohne daß CaCO_3 vorhanden ist. Ein und dieselbe pH-Zahl kann in drei verschiedenen Bodengruppen vorkommen, also Böden zu eigen sein, die ganz verschiedene Güte haben u. a. m. Wir haben in rund 60 000 Gegenüberstellungen an 1300 Bodenproben diese gegenseitigen Beziehungen der Einzelkennziffern untersucht und dabei gefunden, daß deren Schwankungen gegeneinander so erheblich sind, daß eine Zahl allein nicht genügt, um den Boden ausreichend zu charakterisieren. Gerade auch in der Gegend der neutralen Reaktion sind diese Schwankungen recht groß, so ist bei einer pH-Zahl in KCl zwischen 6,6 bis 7 ein Gehalt an CaCO_3 zwischen 0 bis über 2 % festgestellt, ein Azotobakterwachstum zwischen 0 und sehr gut, eine Menge an austauschbarem Kalk zwischen 0 und über 0,8 %, eine hydrolytische Azidität zwischen 0,1 ccm bis 15 ccm. Bei einer hydrolytischen Azidität von 6—7 ccm ist eine Austauschsäure von 0 bis über 15 ccm, eine pH-Zahl in KCl von 4,5 bis 7,0, eine pH-Zahl in Wasser von 5 bis über 7, ein Gehalt von CaCO_3 von 0 bis über 2 % gefunden worden.¹⁾

Hierzu kommt, daß dem Praktiker durch den Gebrauch fremdartiger und wenig verständlicher Bezeichnungen wie hydrolytische Azidität, pH-Zahl u. a. das Interesse an den Bodenuntersuchungen verdorben wird, so daß er diesen mit viel weniger Wohlwollen, ja direkt mit Mißtrauen gegenübersteht, zumal bedeutungslose Veränderungen dieser Einzelkennziffern z. B. auf verschiedenen Stellen desselben Schlages oder derselben Stelle im Laufe des Jahres pp. in ihm den Eindruck erwecken, daß es sich um ganz andere Werte handelt, so daß er solchen an sich geringfügigen Änderungen ganz übertriebene Bedeutung beimißt. Es ist daher aus praktischen Gründen empfehlenswert, eine Unterteilung des Gebietes zwischen den beiden Extremen der Bodenbeschaffenheit vorzunehmen, eine solche Gruppenteilung gibt auch eine festere Grundlage für die Beziehung der betreffenden Gruppe

¹⁾ Arbeit I „Über die Nachweisbarkeit des Kalkbedürfnisses der Böden“, Ztschr. für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, Teil B, 7. Jahrg., H. 9, S. 393.

zu den Erscheinungen des Pflanzenwachstums, sowie zu allen Einzelercheinungen der Böden.

b) Bodengruppen und ihre Beziehungen zum Pflanzenwachstum.

Wir haben daher auf Grund der verschiedenen, für die Bestimmung des Kalk- und Säurezustandes vorgeschlagenen Kennziffern Bodengruppen gebildet, die sich von der sonst üblichen Einteilung in nicht sauer, schwach sauer und sauer, dahin unterscheiden, daß sie auch das Gebiet „nicht sauer“ noch aufteilen, denn gerade hier kann es sich um die verschiedensten Böden handeln, auch zahlenmäßig ist dieser Anteil an Boden je nach dem Reichsgebiet recht beträchtlich. Es ist aber ein großer Unterschied, ob ein Boden ohne wesentliche Säure noch erhebliche Reserven an kohlensaurem Kalk oder an austauschbarem Kalk hat. Wir haben ursprünglich neben der 1. pH-Zahl in KCl und 2. H_2O , 3. der Austausch- und 4. hydrolytischen Säure 5. dem Gehalt an kohlensaurem Kalk und 6. dem an austauschbarem Kalk auch 7. die Azotobakterreaktion zur Gruppeneinteilung heranzuziehen versucht, es hat sich aber gezeigt, daß diese nicht scharf genug ist, um für praktische Zwecke brauchbar zu sein. Von wesentlichster Bedeutung sind bei der Gruppeneinteilung die Säurekennziffern, und zwar die Austauschsäure und die hydrolytische Säure, für welche ich mir jedoch andere Benennungen vorzuschlagen erlaubt habe, und zwar für die Austauschsäure die Bezeichnung „leicht lösliche Säure“, für die hydrolytische Säure „Gesamtsäure“ und für die Differenz beider den Ausdruck „schwer lösliche Säure“. Auf eine nähere Begründung dieser Vorschläge kann ich hier nicht eingehen, sondern muß auf meine entsprechenden Originalarbeiten hinweisen. Auch die Austauschsäure kann ebenso wie die hydrolytische Azidität elektrometrisch bestimmt werden, wozu wir den TRÉNEL'schen Apparat benutzen. Die pH-Zahlen in Wasser und Chlorkali werden vielfach auch, und zwar als alleinige Kennziffern, bestimmt; es ist bekannt, daß sie nicht mit den durch die Titrationsmethode bestimmten Säuremengen genau parallel laufen. Die Ursache dafür ist in der verschiedenen „Säuredichte“ zu suchen, so daß bei der Absättigung eines bestimmten Säuregrades — pH-Zahl — einmal mehr, einmal weniger Lauge erforderlich ist. Auch die „Säuredichte“, d. h. das Verhältnis zwischen der H-Jonenzahl eines Bodens von einer bestimmten pH-Zahl und der dafür erforderlichen Laugenmenge für die Neutralisation kann ich hier aus Mangel an Zeit nicht näher eingehen. Die Säuredichte scheint jedoch die Bedeutung zu haben, uns die quantitativen Beziehungen zwischen Adsorptionszustand und Säurezustand zu erklären. Diejenigen Kennziffern, welche kein Ausdruck für den Säurezustand sind, sind nicht so prägnant für das Versagen der Böden, wenn sie auch zur Ergänzung der übrigen Zahlen von Wert sind, namentlich gestatten sie eine Unterteilung auch der an sich besseren Böden. Die Einteilung in Bodengruppen ist in folgender Weise erfolgt:

Gruppierung der Mineralböden nach dem Kalk- und Säurezustand.

I bester VI schlechtest.

Gruppe I: = reichlichere Kalkreserven	Kohlensaurer Kalk deutlich vorhanden Austauschbarer Kalk über 0,25 % Reaktion neutral bis alkalisch	Beide Gruppen zusammen Gruppe A: kein unmittelbares Kalkbedürfnis
Gruppe II: = keine Reserven, aber reichlicherer Gehalt an austauschbarem Kalk	Kohlensaurer Kalk in Spuren Austauschbarer Kalk über 0,20 % Keine Austauschsaure Geringe Gesamtsäure, bis ca. 4,0 ccm	
Gruppe III: = Übergangsböden	a) Geringer Gehalt an austauschbarem Kalk bis ca. 0,20 % Keine oder geringe leichtlösliche Säure bis 2,0 ccm Gesamtsäure bis ca. 6,0 ccm b) sowie die Böden über 0,2 % Kalk nach MEYER bei höherem Säuregrad	Gruppe B: Übergangsböden
Gruppe IV: = schwach sauer	Leichtlösliche Säure unter 2,0 ccm Gesamtsäure über 6,0 ccm	Gruppe C: schwächerer und stärkerer für den Pflanzenwuchs bedenklicher Säuregrad
Gruppe V: = sauer	Leichtlösliche Säure über 2,0 ccm Gesamtsäure über 6,0 ccm	
Gruppe VI: = stark sauer	Leichtlösliche Säure so hoch, daß ca. 20 dz/ha kohlensaurer Kalk zu ihrer Beseitigung errechnet werden (ca. 13 ccm)	

Die angegebenen Titrationszahlen beziehen sich auf die bisherigen Methoden zur Bestimmung der Austausch- und hydrolytischen Säure.

c) Die praktische Bedeutung der Bodengruppen.

Eine solche Gruppierung, wie sie hier vorgenommen ist, hat nur Existenzberechtigung, wenn sie auch tatsächlich mit dem Versagen der Böden auf Grund des durch die Gruppierung angezeigten anormalen bzw. normalen Gesundheitszustandes der Böden in Zusammenhang steht, d. h. wenn man aus der Zugehörigkeit eines Bodens zu einer der Bodengruppen einen Schluß auf seinen Einfluß auf das Pflanzenwachstum ziehen kann, also voraussagen kann, daß wenn ein Boden zu dieser oder jener Gruppe gehört, er entweder wahrscheinlich keine Wachstumsschädigungen verur-

sachen wird oder sehr viele. Bisher ist ja auch keine Einheitlichkeit in der Beurteilung darüber, welche Ursachen für das Versagen der Böden dem Pflanzenwachstum gegenüber bedeutungsvoll sind, zu erzielen gewesen; während der allerdings wohl größte Teil der Autoren diese Schäden auf den Säurezustand zurückführten, nahmen andere an, daß der Sättigungszustand oder eine Beschaffenheit, wie sie durch das Azotobakterwachstum charakterisiert wird, von Bedeutung ist. Daß hier noch keine einheitlichere Stellungnahme erfolgt ist, dürfte seinen Grund darin haben, daß es noch an Massenuntersuchungen über diese Beziehungen fehlte, und daß Untersuchungen an geringerem Beobachtungsmaterial beim Praktiker keine Durchschlagskraft hatten, weil er mit Recht einem solchen Untersuchungsergebnis entgegenhalten konnte, „Du sagst: der Boden ist sauer, trotzdem aber wächst der Klee gut, auch der Weizen und die Rüben!“. Es war also nötig, an einer großen Masse von Beobachtungsmaterial die quantitativen Beziehungen zwischen Bodenzustand und Versagen der Pflanzen zu klären.

Das gewünschte Material wurde nun durch Vergleich der Böden der verschiedenen Bodengruppen mit Auskünften des Landwirtes über das Versagen, bzw. Nichtversagen der betreffenden Böden gewonnen. Wir haben so in den letzten zwei Jahren das Material über 510 Böden erhalten, über die der Landwirt die entsprechenden Angaben ganz klar und eindeutig gemacht hat. Die chemische Untersuchung auf die genannten Einzelkennziffern und die Gruppierung erfolgte dann durch uns. Es ergab sich, daß diese Gruppierung sich ausgezeichnet dem immer stärker werdenden Versagen der Böden nach der sauren Seite anpaßt.



Wir sehen an diesem Bilde, wie geringfügig die Zahl der besseren Böden ist, die beanstandet sind, wie gering auch die Zahl noch bei den Übergangsböden bleibt und wie gewaltig die Zahl wächst, sobald die Böden auch nur schwach sauer sind. 68 % sind dann wegen Versagen der besseren Pflanzen beanstandet und 78 % in den stärker sauren Gruppen! In beiden Beobachtungsjahren ergab sich dabei ungefähr dasselbe Bild! Weitere langjährige Beobachtungen würden hier auch über die klimatischen Einflüsse auf das Versagen der Böden Auskunft geben.

Von Bedeutung ist auch das Beanstandungsbild bei den verschiedenen Schwereklassen. Bei den leichteren Böden scheidet es sich scharf und ausschließlich nach dem Säurezustand.

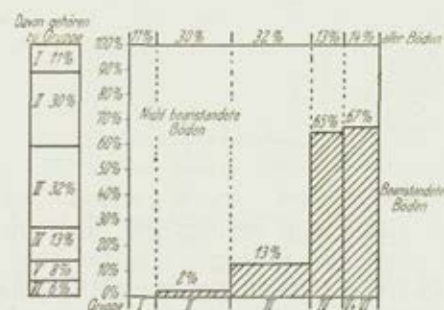
Es liegen 105 leichtere Böden vor.



Selbst von den Übergangsböden sind nur ganz vereinzelte beanstandet. Von den stärker sauren sind alle 100% als versagend beanstandet! Es braucht also jeder leichtere saure Boden Kalk, um auch die besseren Pflanzen zu tragen. Auffallend ist auch, daß von den leichteren Böden 44%, von den schwereren Böden nur 22% vom Landwirt beanstandet sind.

Auch bei den schwereren Böden hängt das Versagen der Pflanzen eng mit dem Säurezustand zusammen, wenn auch hier, vielleicht bedingt durch das physikalische Bedürfnis der schweren Böden, ein wenn auch minimaler — 2% — Anteil der Gruppe II und ein etwas größerer — 13% — der Übergangsböden beanstandet sind. Aber auch hier der schroffe Anstieg der Beanstandungen schon bei den schwach sauren Böden zu 65%, der sich bei den stärker sauren Böden noch um einiges erhöht. Bei den schwereren Böden sind jedoch bei den saureren Bodengruppen nicht alle Böden beanstandet, sondern nur etwa zwei Drittel.

Es liegen 404 schwerere Böden vor.



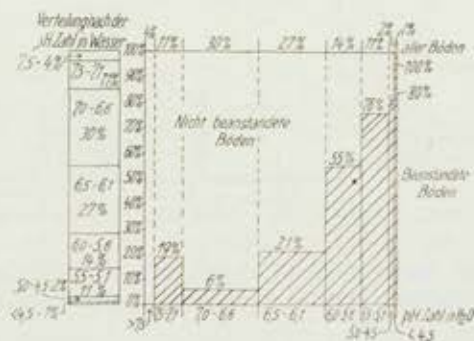
Es ist das aber immerhin genug, um auch für das übrige Drittel eine Kalkung mit anzuraten, denn es ist natürlich bedenklich, wenn ein so großer Bruchteil der Böden schon der groben sinnlichen Wahrnehmung gegenüber versagt. Denn es ist ja besonders wichtig, daß die Böden vor groben Ernteaussfällen bewahrt werden. Auch hier geht aber das Versagen der Böden bei den sauersten Böden bis zu 100% oder annähernd daran, wenn

auch die Gruppe VI nicht nur so stark saure Böden umfaßt, daß eben in ihr 100% Beanstandungen vorkommen; sieht man sich aber die Einzelkennziffern an, auf die ich noch zu sprechen komme, so findet man, daß bei Böden über 15 ccm Austauschsäure oder bei einer pH-Zahl in Wasser oder KCl von saurer als pH 4 eine hundertprozentige Beanstandung auch bei schwereren Böden stattgefunden hat. Der Anstieg ist also zwar nicht so absolut schroff wie bei den leichteren Böden, sondern ist etwas milder, zeigt aber mit aller Schärfe auch hier den Säurezustand als die Ursache des Versagens der Böden den Pflanzen gegenüber.

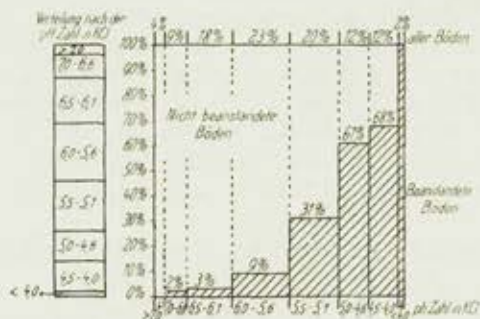
Beanstandungen und Einzelkennziffern.

Wir haben in den letzten Ausführungen schon einen Blick auf die Einzelkennziffern gewonnen. Wir wollen diese noch näher betrachten. Wir müssen diese dabei in zwei Gruppen scheiden, einmal in solche, die irgendwie einen Säurezustand anzeigen — pH-Zahl in H_2O und KCl, Austausch- und hydrolytische Säure — und in die übrigen Kennziffern, welche mit dem Säurezustand unmittelbar nichts zu tun haben — Gehalt von $CaCO_3$, austauschbarem Kalk, Azotobakterwachstum. Bemerken möchte ich dabei, daß ich auf Grund unserer neu gewonnenen Anschauungen über die verschiedenen Säureformen zu Vorschlägen gekommen bin, die verschiedenen Säureformen anders zu benennen, schon um den Praktiker vor ihm unverständlichen Ausdrücken zu bewahren. Die hydrolytische Säure ist die gesamte im Mineralboden mögliche Säure, sie enthält eine leicht durch Neutralsalz in Lösung übertretende Komponente, die Austauschsäure, von mir „leicht lösliche Säure“ genannt, und eine schwer lösliche Komponente, von mir schwer lösliche Säure oder Restazidität genannt. Letztere ist offenbar frei im Boden vorhanden, kann aber nur in der Lösung erkennbar werden durch hydrolytisch spaltbare Salze. Nach den Beobachtungen meines Mitarbeiters ROOS liegt bezüglich der pH-Zahlen die schwer lösliche über pH 5,3 bis pH 7,7, die leicht lösliche unter 5,3, so daß nur Böden unter 5,3 austauschsauer sein können. Es empfiehlt sich nicht, wenn man die Austauschsäure nach DAIKUHARA titriert, Phenolphthalein als Indikator zu nehmen, auch trotz Kochen, sondern Methylrot, weil man damit viel richtigere Werte erhält. Auf Einzelnes kann ich hier leider dabei nicht eingehen. Alle Säurekennziffern zeigen nun mit zunehmendem Säurezustand steigende Beanstandungsziffern.

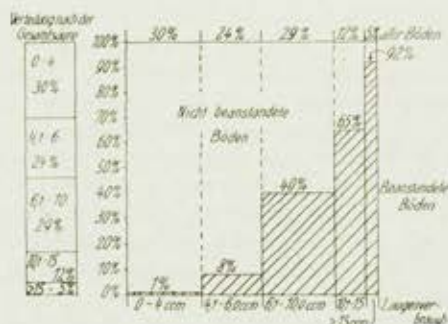
Beanstandungen und pH-Zahlen in H_2O . Zahl der Böden: 509.



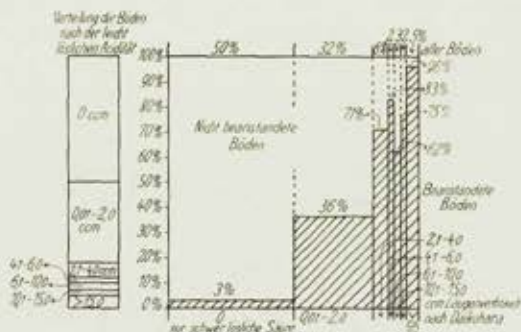
Beanstandungen und pH-Zahlen in KCl. Zahl der Böden: 509.



Beanstandungen und Gesamtsäure (hydrolytische Azidität). Zahl der Böden: 509.

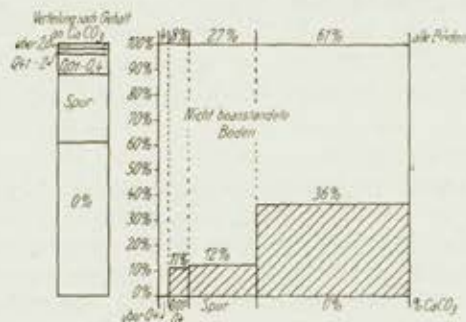


Beanstandungen und leichtlösliche Säure (Austauschazidität). Zahl der Böden: 509.

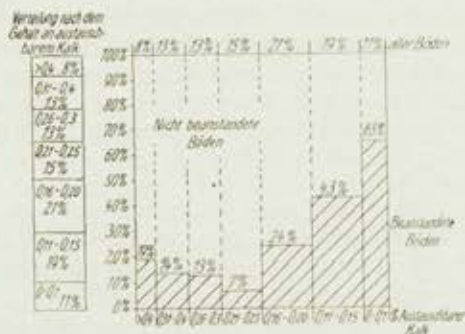


Anders und bei weitem nicht so charakteristisch ist das Bild bei den nicht unmittelbar den Säurezustand anzeigenden Kennziffern.

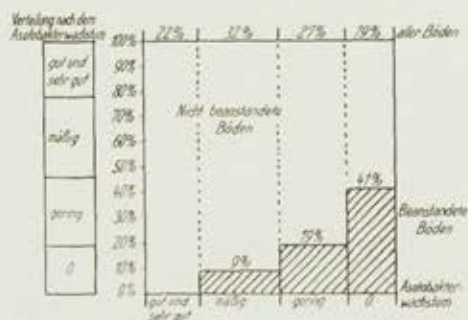
Beanstandungen und kohlensaurer Kalk. Zahl der Böden: 509.



Beanstandungen und austauschbarer Kalk. Zahl der Böden: 509.



Beanstandungen und Azotobakterwachstum. Zahl der Böden: 509.



Bei der Azotobakterreaktion sind zwar keine Böden mit gutem Wachstum beanstandet, aber von Böden, die kein Wachstum zeigen, sind es nur 41 %! Beim austauschbaren Kalk über 0,4 % sind schon rund 20 % Böden beanstandet, bei solchen mit minimalster Menge aber nur rund 65 %, auch

die Bestimmung des kohlensauren Kalkes gibt keine scharfen Anhaltspunkte, denn noch bis zu 0,4 % kommen Beanstandungen vor, es handelt sich wohl dabei um grobkörnigen kohlensauren Kalk, während von Böden ohne kohlensauren Kalk nur 36 % beanstandet sind! Trennt man die Böden in leichtere und schwerere, so ergeben sich auch für diese im einzelnen interessante Beziehungen, doch muß ich hierbei auf die Originalarbeiten verweisen.

Zusammenfassung:

Aus den bisherigen Darlegungen geht hervor, daß ein deutlicheres Versagen der Pflanzen — denn auch weniger empfindliche Pflanzen werden, wie schon von vielen Seiten gezeigt, durch stärkere Säurezustände im Boden ebenfalls geschädigt — durch den Säurezustand verursacht wird, nicht durch andere Beschaffenheit des Bodens, und daß daher in erster Linie auf die Bodensäure, dabei davon wieder auf die leicht lösliche Säure als die gefährlichste geachtet werden muß. Es mag dabei immer noch ungefähr zur Säurezone parallel eine Zone von Böden laufen, die auf Kalkdüngung ansprechen, wenn auch der Mehrertrag dann manchmal vielleicht je nach der Bewirtschaftungsform nicht mehr wirtschaftlich ausschlaggebend sein wird. Jedenfalls gelingt durch die Feststellung der Bodengruppen, die am meisten pflanzenschädlichen Böden zu erkennen und mit großer Sicherheit vom Boden jeder beliebigen Bodengruppe zu sagen, wie er sich aller Wahrscheinlichkeit nach den Pflanzen gegenüber verhält.

Diskussion:

Dr. ARRHENIUS: Sie haben alle Kulturpflanzen zusammengekommen. Es wäre wohl sehr empfehlenswert, die verschiedenen Pflanzen für sich zu untersuchen. Hafer ist ja viel weniger säureempfindlich als Weizen oder Zuckerrüben. Ich muß widersprechen, wenn Sie sagen, daß die Böden schlecht sind, weil sie sauer sind. Der Boden ist schlecht als Pflanzenträger, biologisch schlecht. Wenn Sie sagen, daß diese Böden schlecht sind, so möchte ich fragen, ob alle Waldböden in Schweden schlecht seien; und doch wächst da die Fichte. Die Kartoffelböden sind ziemlich stark sauer; und doch sind es unsere besten Kartoffelböden. Man muß vielmehr sagen: Ein Säuregehalt ist schlecht für gewisse Pflanzen, aber nicht für alle Pflanzen. Sie sagten: Sie müssen alles untersuchen, pH in Wasserlösung usw. Sie hatten doch aber überall dieselben Kurven, dasselbe Aussehen, denselben Einfluß der verschiedenen Faktoren. Die Versuche von pH sind einfacher zu machen.

Prof. Dr. GOY: Wenn ich von schlechten und besseren Böden rede, so bezieht sich das zunächst auf unsere besseren Kulturpflanzen. Ich wollte nicht über Waldböden sprechen, sondern über die Wachstumsfähigkeit dieser Pflanzen auf unseren Böden. Pflanzen, die mehr Säure vertragen, können auf weniger gutem Boden — verzeihen Sie, ich komme wieder auf den Ausdruck — wachsen. Wir haben hier in der Fruchtfolge verschiedene Pflanzen und nicht nur reine Kartoffeln oder Fichten. Infolgedessen ist es eben für den Landwirt eine Frage, zu wissen, ob er alle Pflanzen anbauen kann oder nur die besseren. Ich habe gleich in meinen Ausführungen darauf hingewiesen, daß eine Einzelkennziffer so extrem abweichen kann, daß sie ein anderes Bild von dem Zustand des Bodens gibt. Es ist so

einfach, die Zahlen mit dem Apparat von TRÉNEL zu bestimmen. In einem einzigen Gange können wir die pH-Zahlen, die hydrolytischen und die Austausch-Zahlen bestimmen, so daß gar nicht einzusehen ist, warum wir das nicht machen sollen.

Dr. ARRHENIUS: Das ist richtig, was Prof. Goy sagt, er hat nicht über Fichteböden gesprochen. Aber auch unter den Kulturpflanzen, die wir hier behandeln, sind eine Reihe Pflanzen enthalten, die stark säureempfindlich sind und das ganze Bild wird verwischt, wenn wir alle Pflanzen gleichzeitig haben. So sagt er auch: Wir bauen nicht nur eine Pflanze, wie Kartoffeln; aber dann erwidere ich ihm: Der Landwirt baut Kartoffeln, Roggen, Hafer; das ist eine saure Fruchtfolge; oder Weizen, Zuckerrüben oder Gerste, das ist eine neutrale Fruchtfolge. Wir können ja sehr gut Fruchtfolgen aus Pflanzen zusammenstellen, die eine verschiedene Säureempfindlichkeit haben, und das hat der praktische Landwirt schon getan. Das ist der Zweck meiner Ausführungen, daß wir dies überlegen.

Prof. Dr. GOY: Es handelt sich hier um die Auffassung, daß man eine bestimmte Fruchtfolge einführen soll. Ich halte das für gefährlich, wenigstens für deutsche Verhältnisse. Die deutsche Landwirtschaft kämpft schwer um ihre Existenz, und sie muß sich der Konjunktur anpassen, soweit es möglich ist. Der Landwirt kann nicht nur Kartoffeln und Wasserrüben anbauen, wenn er die Möglichkeit hat, mit einer anderen Pflanze lediglich durch Kalkung zum Ziele zu kommen. Ich möchte darauf hinweisen, wie auffallend es ist, daß bei leichten Böden Beanstandungen lediglich und ausschließlich saure Böden betreffen. Ich war erstaunt über das Ergebnis, weil ich immer dachte, die Aziditätsuntersuchungen würden ein so klares Bild gar nicht geben; aber ich muß doch darauf hinweisen, wie auffallend es mit der Ansicht der Praktiker sich deckt, daß wir auf leichten Böden Weizen bauen können, wenn die Kalkfrage besser beachtet wird.

Was die Fruchtfolge anbetrifft, so wird sie in Deutschland nicht zu empfehlen sein; der Landwirt kann sich nicht der Fruchtfolge anpassen, sondern es muß umgekehrt sein, er muß den Erfordernissen, die an die Früchte gestellt werden, entsprechend den Boden einrichten.

Prof. Dr. WIESSMANN: Ich möchte auf einige Ausführungen von Dr. ARRHENIUS zurückkommen, bezüglich des sauren und schlechten Bodens. Es bestehen doch gewisse Beziehungen zwischen pH und dem Nährstoffgehalt der Böden. Ich habe etwa 1300 Böden auf ihren Nährstoffgehalt nach NEUBAUER untersucht und außerdem auch ihren Reaktionszustand mit dem TRÉNEL'schen Apparat im KCl-Auszug geprüft. Dabei ergaben sich die folgenden Beziehungen.

Beziehung zwischen pH-Wert und K_2O -Gehalt nach NEUBAUER:

pH im KCl-Auszug	Von den untersuchten Böden besitzen einen Gehalt von		
	unter 15 mg K_2O %	15—25 mg K_2O %	über 25 mg K_2O %
unter 4,5	82,7	17,3	0
4,5—5,0	64,8	32,4	2,8
5,0—6,0	47,3	44,4	8,3
6,0—7,0	27,6	48,1	24,3
7,0—7,5	15,0	47,9	37,1
7,5—8,0	13,5	43,2	43,2

Ähnlich wie beim Kali liegen die Verhältnisse bei der Phosphorsäure. Beziehung zwischen pH-Wert und P_2O_5 -Gehalt nach NEUBAUER:

pH-Wert im KCl-Auszug	Von den untersuchten Böden besitzen einen Gehalt an		
	unter 3 mg P_2O_5	3—6 mg P_2O_5	über 3 mg P_2O_5
o/o	o/o	o/o	o/o
unter 4,5	44,0	48,0	8,0
4,5—5,0	33,8	53,5	12,7
5,0—6,0	27,1	47,8	25,1
6,0—7,0	14,9	45,7	39,4
7,0—7,5	16,2	46,7	37,1
7,5—8,0	13,5	48,7	37,8

Aus den Zahlen geht deutlich hervor, daß mit sinkendem pH-Wert der Prozentsatz der nährstoffarmen Böden zunimmt auf Kosten der nährstoffreichen. Saure Böden sind also häufiger nährstoffarm als neutrale und alkalische Böden.

Zu dem gleichen Ergebnis führte ein Vergleich zwischen dem nach MITSCHERLICH festgestellten Nährstoffgehalt der Böden und ihrer Reaktion.

Wenn man auch bei niedrigen und hohen pH-Werten damit rechnen muß, daß die Keim- bzw. Halterpflanzen in ihrer Nährstoffaufnahme ungünstig beeinflusst werden¹⁾, so glaube ich aber doch nicht, daß die geringen NEUBAUER- bzw. MITSCHERLICH-Werte bei jenen Reaktionen lediglich die Folge einer physiologischen Schädigung der Pflanzen sind.

Durch diese vergleichenden Untersuchungen soll nichts ausgesagt werden über die mobilisierbaren Nährstoffe, insbesondere Phosphorsäuremengen. Denn bekanntlich sind saure und alkalische Böden häufig reich an Gesamtphosphorsäure, die durch Anwendung von Kalk bzw. physiologisch saure Düngemittel mobilisiert werden kann.

Dr. ARRHENIUS: Ich möchte mitteilen, daß auch wir 10000 Böden auf Phosphorsäure- und Säuregehalt untersucht haben. Je alkalischer der Boden ist, desto mehr Phosphorsäure finden wir. Die sauren Böden sind die schlechtesten, was die Phosphorsäure betrifft; das gebe ich zu. Prof. Dr. GOY sagt: Wir können die verschiedene Fruchtfolge den Bauern nicht empfehlen. Ich bin anderer Meinung. Ich glaube, daß es aus weltökonomischen Gesichtspunkten zweckmäßig ist, daß man verschiedene Böden für die Pflanzen verwendet, also, daß wir den natürlichen Boden in dem Zustande, wie er ist, so viel wie möglich ausnutzen. Wenn dann aber ein saurer Boden in der Nähe einer Zuckerfabrik liegt, dann kalkt man natürlich; aber im allgemeinen müssen wir versuchen, die Böden so, wie sie sind, auszunutzen und sie so wenig wie möglich durch Düngung zu verändern.

Dr. TRÉNEL: Ich möchte mir erlauben, aus meinem Erfahrungskreis eine kurze Bemerkung zu machen, die die Diskussion zwischen Dr. ARRHENIUS

¹⁾ BOHLMANN, Diss. Jena 1926.

RÖMER, DICKS und NOACK. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, B. 6, 529 (1927).

und Prof. Dr. GOY betrifft. Zunächst muß ich die Beobachtung von Prof. Dr. GOY voll und ganz bestätigen. Wir haben in der Geologischen Landesanstalt eine große Zahl von Böden auf ihre Reaktion geprüft und zum Wachstum in Beziehung gesetzt, und zwar immer möglichst auf dem Felde selbst. Immer dann, wenn die Reaktion der Böden unter pH 5,3 sank, sind 100% der Anstände der Landwirte sofort zu erklären, sie fallen stets zusammen mit der sauren Reaktion. Gewiß hat Dr. ARRHENIUS insofern Recht, als die Kulturpflanzen verschiedene Ansprüche an den Boden stellen. Aber so eng wie die Wachstumsbreiten häufig angegeben werden, sind sie in der Praxis nicht. Wir dürfen nicht vergessen, daß die Bodenreaktion ein Faktor ist, der das Wachstum der Kulturpflanzen ungünstig oder günstig beeinflussen kann. Ich möchte dazu einige Beobachtungen aus dem Rheintal von der Versuchsstation Darmstadt (Prof. RÖSSLER) mitteilen. Sie sind eine Bestätigung für die Auffassung von Dr. ARRHENIUS, daß man nicht ohne weiteres sagen darf: Ein saurer Boden ist ohne weiteres schlecht! Ich werde Ihnen erst die Zahlen geben und dann versuchen, den Widerspruch zu erklären.

Versuchsreihe 739c. 28. Jahr. — Ernsthofen, Gerste.

Grunddüngung: 80 kg K_2O /ha als 40% Salz
40 kg N/ha als $(NH_4)_2 SO_4$

P_2O_5 -Gabe	Stand	pH in KCl im Bodenloch am 27. 6. 1928 mit Acidimeter nach TRÉNEL	pH in KCl im Laboratorium Juli 1927 mit App. nach MICHAELIS
ohne	schlecht	3,8	3,6
Thomasmehl 64 kg/ha 128 kg/ha	gut — sehr gut gut — sehr gut	3,75 3,85	3,84 4,1
Superphosphat 64 kg/ha 128 kg/ha	schlecht — sehr schlecht	3,85 3,85	3,6 3,5
Thomasmehl 64 kg/ha 128 kg/ha	sehr gut sehr gut	4,25 5,25	4,25 5,08
Superphosphat 64 kg/ha 128 kg/ha	sehr schlecht sehr schlecht	3,56 3,5	3,56 3,64

Sie sehen aus diesen Zahlen, erstens, daß Gerste auf dem sauren Boden bei Superphosphat nicht gedeiht, zweitens, daß sie jedoch bei Anwendung von Thomasmehl bei gleicher pH gut, ja sehr gut steht. Man kann also unter Umständen auf sauren Böden noch recht gute Gerste bauen. Nun möchte ich den Widerspruch lösen, so wie ich ihn sehe. Ich glaube, wenn man den Boden gekalkt hätte, wäre die Gerste auch gut gestanden. Zuruf WIESSMANN: Als was ist Phosphorsäure gegeben? Dr. TRÉNEL: Als Thomasmehl! —

Dr. ESCHENHAGEN-Stettin: Durch Zirkulation von drei Reaktionskarten wird Einblick in die Arbeitsmethode gegeben, die die Bodenuntersuchungsstelle der Pommerschen Landwirtschaftskammer gewählt hat. Auf Grund der Erfahrungen von etwa 75000 Bodenuntersuchungen muß gesagt sein, daß die Untersuchung des Bodens auf pH-Zahl und Austauschazidität in KCl-Ausschüttelung ein hinreichend genaues Bild gibt, um dem Landwirt Ratschläge zu geben für: Die zweckmäßige Zusammensetzung der Düngung, die Intensität der Kalkung, die zweckmäßige Auswahl der Kulturpflanzen, die richtige Wahl des Bodens, bzw. Feldschlages. Kurz gesagt: Die Methodik hat sich bei Ratschlägen zu Fruchtfolge und Düngung sehr gut bewährt, wie neben eigenen Beobachtungen auf dem Felde auch die Gutachten der Praxis deutlich zeigen.

Dr. NEHRING: Neben den sonstigen Kennzahlen über die Reaktionsverhältnisse des Bodens spielt das Pufferungsvermögen des Bodens doch eine große Rolle. Es hat sich herausgestellt, daß in den Erträgen unter gleichen Reaktionsverhältnissen bei gleicher pH-Zahl wie auch gleicher Austauschazidität und hydrolytischer Azidität große Differenzen bestehen. Auf einem leichten Boden ist das Kleewachstum bei größerer Menge Austauschazidität stark behindert, während auf einem Boden mit gutem Pufferungsvermögen ein ungehindertes gleiches Wachstum stattfinden kann. Ähnliche Beobachtungen konnte ich in diesem Jahre bei Versuchen mit einem stark sauren Moorboden, pH in Wasser gleich 4,7, machen, bei dem sich äußerlich keine Depressionen des Kleewachstums feststellen ließen. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Prof. Dr. GOY: Es handelt sich einmal um den Ausdruck „schlechter Boden“. Ich wende den Ausdruck an in Bezug auf den Kalkzustand; ich sehe aber, daß das andere Herren falsch verstanden haben. Von mir aus war gemeint: ein im Kalkzustand schlechter Boden. Das möchte ich Herrn Dr. ARRHENIUS zur Richtigstellung sagen. Dann waren bisher keine rechten Übereinstimmungen in der Frage, was die Säure-Schäden im einzelnen verursachte. Es ist darüber noch nicht genügend Klarheit geschaffen. Es sind infolgedessen Untersuchungen notwendig, und sie müssen wiederholt und weiter ausgedehnt werden, damit mit aller Sicherheit das Richtige gesagt werden kann. Es ist uns passiert, daß uns gesagt wurde: Du sagst, der Boden ist sauer; aber bei mir wächst der Klee schön. Das ist ein Manko des Renommees für uns. Die vielfachen Beanstandungen von Seiten des Praktikers zeigen, daß in Deutschland der Landwirt immer wieder das Bestreben hat, Pflanzen auf Boden anzubauen, auf dem sie versagen. Wahrscheinlich ist das Bedürfnis seiner Wirtschaft, diese Pflanzen zu ernten. Sie ersehen daraus, daß doch tatsächlich das Bedürfnis des Landwirts hierzu vorgelegen hat, sonst hätte er nicht Weizen oder Rüben angebaut.

Dr. ARRHENIUS: Wenn Sie kalken würden, würde der Klee noch besser wachsen. (Widerspruch.) So, ich bin ganz sicher; wir können wetten! (Heiterkeit.)

Prof. Dr. GOY: Es handelt sich darum, daß man das Vertrauen des Landwirts zu den Untersuchungen gewinnt; dazu waren meine Ausführungen unbedingt erforderlich.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Wenn alles erledigt ist, könnten wir zu Punkt IV übergehen.

PUNKT IV DER TAGESORDNUNG: BODENREAKTION UND NÄHRSTOFFAUFNAHME DER PFLANZEN

DER EINFLUSS DER BODENREAKTION AUF DIE AUFNAHME UND VERWERTUNG DER VERSCHIEDENEN STICKSTOFFVERBINDUNGEN

Von Privatdozent Dr. K. NEHRING-Königsberg

Für eine Stickstoffdüngung stehen uns bekanntlich eine Reihe von Düngemitteln zur Verfügung. Von diesen sind die wichtigsten, wenn man von den verschiedenen Mischdüngern absieht, das Ammonsulfat, der Natronsalpeter, der Harnstoff und der Kalkstickstoff.

Den Wirkungswert dieser verschiedenen Stickstoffverbindungen hat man nun so festzustellen versucht, daß man mit diesen vergleichende Düngungsversuche durchführte. Auf Grund dieser Versuche setzte man für die einzelnen Düngemittel verschiedene Wertigkeitszahlen fest. Es ergaben sich bei diesen Untersuchungen jedoch bald vielfache Schwierigkeiten und Unstimmigkeiten. Eine gewisse Erklärung hierfür gaben die Anschauungen A. MAYERS über die physiologische Reaktion der Düngemittel. Einen tieferen Einblick in die vorliegenden Verhältnisse gewann man jedoch erst auf Grund der neueren Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Bodenreaktion und dem Pflanzenwachstum, die auch zeigten, daß zwischen der Bodenreaktion und der Ausnutzung der verschiedenen Düngemittel gewisse Beziehungen bestehen.

Ich habe nun in den letzten Jahren eine Reihe von Untersuchungen über diese Fragen durchgeführt und möchte Ihnen hierüber kurz auszugsweise berichten. Diese Untersuchungen hatten zum Ziele festzustellen, innerhalb welcher Reaktion die verschiedenen N-Dünger am besten ausgenutzt würden, wobei vor allem die Untersuchungen in der Richtung ausgedehnt wurden, ob die erhaltenen Resultate für alle Pflanzen gleichmäßig zutreffen, oder ob hier größere Unterschiede zwischen den säureempfindlichen und den säureunempfindlichen bestehen. Durch Verfolgung der Umsetzungen der N-Verbindungen im Boden und der Aufnahme durch die Pflanzen sollte dabei ein tieferer Einblick in diese Fragenkomplexe gewonnen werden. Dabei wurden auch die Einwirkungen der Düngemittel auf die Bodenreaktion verfolgt besonders in der Richtung, ob sich hier wiederum Ab-

hängigkeiten von der Bodenreaktion zeigten. Diese letzteren Fragen sollen jedoch in meinem Vortrage nur gestreift werden. Vor allem soll die Frage der Abhängigkeit der Aufnahme und Verwertung der verschiedenen Stickstoffdüngemittel in den Kreis der Betrachtungen gezogen werden.

Die Versuche selbst wurden wie folgt durchgeführt:

Es kamen zur Anwendung drei Böden von verschiedenem Reaktionscharakter, ein austauschsaurer (N), ein hydrolytischsaurer (D) und ein Boden von neutraler Reaktion (S); zu dem austauschsauren Boden wurden in zwei Gaben Kalk gegeben, einmal in solcher Menge, daß die Austauschazidität zum Verschwinden gebracht wurde, und dann soviel, um auch die hydrolytische Azidität zu beseitigen. Desgleichen wurde zu dem hydrolytisch-sauren Boden soviel Kalk gegeben, um auch hier die hydrolytische Azidität abzusättigen. Es kamen also folgende sechs Böden zur Anwendung, deren Reaktionsverhältnisse hier wiedergegeben sind.

Tabelle 1

Boden	zugesetzt CaO in gr/kg	pH (in H ₂ O)	Austausch- Azidität	Hydrolyt. Azidität	Nitrifikation
N	—	4,99	5,30	28,00	schwach
NK ₁	0,94	5,74	0,28	17,30	mäßig
NK ₂	2,36	6,58	0,15	7,50	stark
D	—	6,19	0,20	6,80	mäßig
DK	0,82	7,24	0,12	2,90	stark
S	—	7,64	0,17	2,10	stark

Mit diesen Böden wurden zuerst Nitrifikationsversuche nach einer etwas modifizierten Methode von WAKSMAN, d. h. also nicht in Nährlösung, sondern mit dem Boden selbst durchgeführt. Die Ergebnisse sind schon in der obigen Tabelle mit wiedergegeben. Daraus ergibt sich, daß auf dem stark sauren Boden N die Nitrifikation stark gehemmt ist. Diese Hemmung der Nitrifikation kann durch die schwache resp. die starke Kalkgabe mehr oder minder beseitigt werden. Das gleiche Bild zeigt sich auch beim Boden D, während bei dem Boden S mit einem pH 7,6 sofort eine starke Nitrifikation einsetzte.

Von den verschiedenen Stickstoffverbindungen wurden folgende in den Kreis der Untersuchungen gezogen:

1. Ammonsulfat als Typus der Ammoniumverbindungen,
2. Natronsalpeter als Typus Verbindungen mit Nitratsstickstoff,
3. Kalkstickstoff als Typus der Cyanverbindungen und
4. Harnstoff als Typus der Amidverbindungen.

Was die physiologische Reaktion dieser Verbindungen angeht, so gehört bekanntlich das Ammonsulfat zu den physiologisch sauren Düngemitteln, der Natronsalpeter zu den physiologisch alkalischen. Beim Kalkstickstoff wie beim Harnstoff muß man, wie die Untersuchungen ergaben, zwei verschiedene Phasen unterscheiden; in der ersten wirken beide alkalisierend,

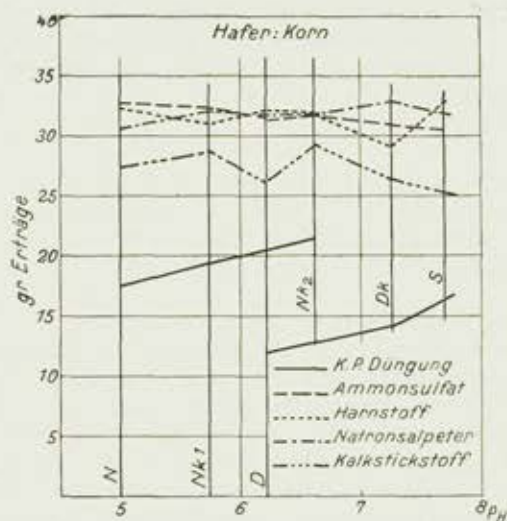
der Harnstoff infolge des Übergangs in das alkalisch reagierende Ammoncarbonat, der Kalkstickstoff infolge der Bildung von Ca(OH)_2 , in der zweiten beide ansäuernd infolge Nitrifikation der entstandenen Ammoniumverbindungen. Im Endeffekt ist der Kalkstickstoff als ein alkalisierend wirkendes Düngemittel anzusehen, der Harnstoff dagegen als ein schwach ansäuernd wirkendes.

Als Versuchspflanzen für die Vegetationsversuche wurden als Typus der säureempfindlichen Pflanzen die Gerste, als Typus der säureunempfindlichen der Hafer gewählt. Die Vegetationsversuche wurden in MITSCHERLICH'schen Gefäßen in der üblichen Weise durchgeführt. Die N-Gabe betrug 0,5 g pro Gefäß.

Während der Vegetationszeit wurden von allen Gefäßen jede vier Wochen Proben entnommen und in diesen neben der Reaktion — hierauf soll hier nicht eingegangen werden — der Gehalt an Ammoniak- und Nitratstickstoff bestimmt, um festzustellen, wie die Aufnahme der verschiedenen N-Verbindungen unter dem Einfluß der Reaktion vor sich gegangen ist. Die dabei erhaltenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Beim Hafer zeigten sich bei den verschiedenen Böden wie bei den verschiedenen Düngemitteln keine wesentlichen Unterschiede. Die N-Aufnahme ging überall gleichmäßig vor sich. Wesentlich anders ist das Verhalten der Gerste. Hier zeigt es sich, daß durch die saure Reaktion die N-Aufnahme deutlich verzögert wird. Vier Wochen nach Beginn der Vegetation hat sie kaum eingesetzt, und ist auch nach acht Wochen nicht beendet. Durch die Kalkung wird diese Erscheinung wesentlich abgeschwächt und bei der neutralen Reaktion vollzieht sich die Aufnahme wie beim Hafer. Auch in bezug auf die einzelnen Düngemittel ergeben sich bei der sauren Reaktion wesentliche Unterschiede. Während der Salpeterstickstoff nach acht Wochen größtenteils aufgenommen ist — es sind nur noch 36 mg/kg gegenüber 112 mg bei Beginn des Versuchs vorhanden — befindet sich beim Ammonsulfat wie beim Harnstoff, der, wie gesagt, auch zu den physiologisch sauren Düngemitteln gerechnet werden muß, weit über die Hälfte des ursprünglichen Stickstoffs, nämlich noch etwa 80 mg, im Boden. Allerdings liegt jetzt der größte Teil des Stickstoffs in Form von Nitrat vor, so daß auch hier eine allmähliche Nitrifikation eingesetzt hat. Diese langsamere Aufnahme des Stickstoffs aus dem Ammonsulfat und dem Harnstoff macht sich auch bei dem Boden N, schwach gekalkt und bei D ungekalkt, wenn allerdings auch in abgeschwächtem Maße bemerkbar. Bei den anderen Böden sind infolge der ungehinderten Nitrifikation keine Unterschiede zwischen den einzelnen Düngemitteln festzustellen.

Die bei der Ernte erhaltenen Ertragsergebnisse habe ich Ihnen, um sie deutlicher demonstrieren zu können, in den beiden Abbildungen kurvenmäßig dargestellt. Und zwar sind auf diesen die Erträge an Korn in Gramm-Trockensubstanz wiedergegeben. Die Erträge an Stroh zeigten im Prinzip das gleiche Bild, so daß von einer Wiedergabe Abstand genommen wurde.

Diese beiden Abbildungen zeigen Ihnen deutlich das verschiedene Verhalten der Gerste und des Hafers in bezug auf die Bodenreaktion wie auf die Ausnützung der verschiedenen Düngemittel. Beim Hafer liegen die Erträge bei der Volldüngung nahezu überall auf der gleichen Höhe; ein Einfluß der Reaktion macht sich hier nicht bemerkbar. Zwischen den verschiedenen Düngemitteln bestehen nur geringe Unterschiede. Die Erträge



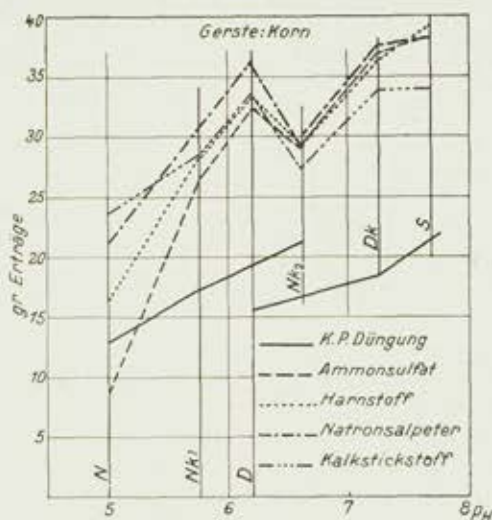
Figur 15

mit Kalkstickstoff liegen, wie auch sonst vielfach beobachtet, überall unter denen mit den anderen Düngemitteln erhaltenen. Bei der Gerste dagegen zeigt sich deutlich die Abhängigkeit von der Reaktion. Bei der sauren Reaktion liegen die Erträge außerordentlich niedrig und erreichen ihren Höhepunkt bei neutraler Reaktion.

Was uns hier in erster Linie interessiert, ist die Ausnutzung der verschiedenen Stickstoffdüngemittel. Hier ergibt es sich, daß bei der sauren Reaktion die Düngung mit Salpeter der mit Verbindungen mit Ammoniakstickstoff, zu denen auch der Harnstoff infolge seiner Umbildung zu Ammoncarbonat gerechnet werden muß, deutlich überlegen ist. Auch bei schwach saurer Reaktion bei dem Boden Nk 1 und D ist diese Überlegenheit noch vorhanden, während dann bei neutraler Reaktion die Ausnutzung nahezu die gleiche ist.

Worauf ist nun dieses verschiedene Verhalten der Gerste in bezug auf die Ausnutzung der Düngemittel zurückzuführen?

Wie aus den Untersuchungen über die N-Umsetzungen im Boden hervorging, trat hier eine Aufnahme des Stickstoffs aus den Ammoniumverbindungen erst ein, wenn die Nitrifikation eingesetzt hatte. Diese ist auf dem sauren Boden stark gehindert und tritt auch bei den schwach sauren Böden erst langsamer ein. In Übereinstimmung hiermit liegen bei diesen Böden die Erträge der Verbindungen mit Ammoniakstickstoff niedriger als der mit Nitratsstickstoff. In den Böden dagegen, in denen eine ungestörte Nitrifikation einsetzen können, ist die Ausnutzung die gleiche. Diese führt zu dem Schlusse, daß die Gerste unter derartigen Umständen nicht fähig ist, Ammoniakstickstoff direkt aufzunehmen und zu verwerten. Diese Anschauung findet darin ihre Stütze, daß auch die Ausnutzung des Harnstoffs wesentlich unter der des Salpeters liegt, trotzdem hier, wenn man



Figur 16

vom letzten Monat der Vegetation absieht, die Reaktionsverhältnisse günstiger waren wie beim Salpeter, so daß diese Ertragsdepression nicht auf Kosten der Reaktion gehen kann.

Beim Hafer dagegen hat die N-Aufnahme gleichmäßig bei allen Düngemitteln eingesetzt, unabhängig davon, ob eine Nitrifikation der Ammoniumverbindungen eingetreten ist oder nicht. Die Erträge sind auch hier nahezu überall die gleichen. Der Hafer ist demnach in der Lage, den Ammoniak wie den Salpeterstickstoff gleichmäßig aufzunehmen.

Die Verschiedenheit der Ausnutzung der verschiedenen Düngemittel zwischen Gerste und Hafer würde also im wesentlichen darauf beruhen, daß die Gerste nicht fähig ist, Ammoniakstickstoff aufzunehmen. Ist also bei dem sauren Boden die Nitrifikation gehemmt, so werden die Ammoniumverbindungen schlechter ausgenutzt als die Salpeterverbindungen, während bei ungehinderter Nitrifikation die Ausnutzung die gleiche ist. Es hat sich also hier eine enge Verbindung der Ausnutzung der Ammoniumverbindungen und des Nitrifikationsvermögens ergeben.

In den Ernteproben ist dann fernerhin der Gehalt an Stickstoff bestimmt worden, um zu sehen, wie sich hierbei die Verhältnisse auswirken würden. Und da ergab sich ein im ersten Augenblick überraschendes Ergebnis. Bevor ich jedoch hierauf eingehe, möchte ich auf die Ergebnisse hinweisen, die VIRTANEN¹⁾ bei ähnlichen Untersuchungen an Leguminosen erhalten hat. Er kam dabei zu dem Resultat, daß bei saurer Reaktion der N-Gehalt ein deutlich niedriger ist und zunimmt, wenn die Reaktion sich nach dem Neutralpunkt hin ändert. Das gleiche Ergebnis hatte ich auch hier erwartet, zumal, wie schon erwähnt, die Untersuchungen des Bodens während der Vegetationszeit ergeben hatten, daß die N-Aufnahme viel

¹⁾ Biochem. Zeitschr. 193 (1928), p. 301.

langsamer eingesetzt hatte und die schlechtere Entwicklung demnach auf N-Mangel zurückzuführen wäre.

Die Untersuchungen ergaben jedoch ein gegenteiliges Resultat, wie Ihnen die Tabelle 2 zeigt.

Tabelle 2.
Gehalt an Stickstoff

	Korn						Stroh					
	N			D			N			D		
pH =	—	k ₁	k ₂	—	k	S	—	k ₁	k ₂	—	k	S
	4,99	5,74	6,58	6,19	7,24	7,64	4,99	5,74	6,58	6,19	7,24	7,64

Gerste

K. P. Düngung . . .	1,33	1,23	1,26	1,02	1,17	1,16	0,63	0,49	0,51	0,32	0,36	0,32
Ammonsulfat . . .	2,10	1,62	1,64	1,24	1,21	1,24	1,10	0,58	0,50	0,45	0,36	0,38
Natronsalpeter . . .	1,92	1,65	1,73	1,28	1,29	1,34	0,71	0,53	0,52	0,39	0,39	0,40
Kalkstickstoff . . .	1,58	1,49	1,53	1,18	1,23	1,22	0,56	0,53	0,55	0,35	0,34	0,34
Harnstoff	2,08	1,58	1,67	1,27	1,21	1,26	0,89	0,56	0,56	0,42	0,35	0,38

Hafer

K. P. Düngung . . .	1,09	1,09	1,18	1,12	1,19	1,25	0,24	0,22	0,24	0,20	0,28	0,26
Ammonsulfat . . .	1,55	1,60	1,59	1,43	1,34	1,44	0,27	0,25	0,27	0,27	0,26	0,30
Natronsalpeter . . .	1,54	1,65	1,68	1,43	1,39	1,58	0,27	0,26	0,26	0,26	0,29	0,30
Kalkstickstoff . . .	1,35	1,46	1,59	1,25	1,23	1,42	0,27	0,25	0,28	0,25	0,25	0,29
Harnstoff	1,52	1,57	1,59	1,40	1,32	1,41	0,27	0,23	0,28	0,27	0,26	0,26

Beim Hafer sehen wir wiederum, daß wie bei den Erträgen der N-Gehalt nahezu überall auf der gleichen Höhe liegt. Auch zwischen den verschiedenen Düngungen bestehen nur unwesentliche Unterschiede. Besonders klein sind die Differenzen beim Stroh. Wesentlich anders ist das Bild bei der Gerste. Hier beobachten wir bei der sauren Reaktion einen wesentlich höheren N-Gehalt als bei neutraler Reaktion. Noch stärker kommt dies beim Stroh zum Ausdruck, wo der N-Gehalt bei der sauren Reaktion auf nahezu der doppelten Höhe liegt, wie bei neutraler Reaktion. Demzufolge ist auch der Wirkungswert des aufgenommenen Stickstoffs (d. h. also die Menge an Trockensubstanz, die aus 1 g N gebildet wird) bei saurer Reaktion bedeutend niedriger als bei neutraler resp. schwach alkalischer Reaktion. Zwischen den einzelnen Düngemitteln zeigen sich bei saurer Reaktion deutliche Unterschiede. Bei der Düngung mit Verbindungen, die Ammoniakstickstoff enthalten, also beim Ammonsulfat wie beim Harnstoff liegt der N-Gehalt deutlich höher als bei der Düngung mit Salpeter.

Wie kann man sich diese Tatsachen, die anscheinend im Widerspruch zu den Ertragsergebnissen stehen, erklären? Wie schon früher gesagt, ist die N-Aufnahme bei saurer Reaktion stark hinausgezögert. Es könnte also wohl sein, daß im ersten Vegetationsstadium N-Mangel herrscht. Späterhin setzt dann doch infolge der großen Mengen an N-Verbindungen, die im Boden vorhanden sind, eine N-Aufnahme ein. Diese ist jedoch zu spät

erfolgt, als daß die Pflanze fähig wäre, diese N-Mengen noch zu verwerten. Sie werden von ihr gespeichert. Diese Erscheinung macht sich natürlicher Weise beim Ammonsulfat und beim Harnstoff noch viel stärker bemerkbar, da hier die N-Aufnahme infolge der gehemmten Nitrifikation erst später eingesetzt hat.

Beim Hafer dagegen ist die Aufnahme von Stickstoff überall gleichmäßig vor sich gegangen. Der Gehalt an N liegt auch hier überall auf der gleichen Höhe.

Fassen wir die bei diesen Untersuchungen erhaltenen Ergebnisse kurz zusammen, so ergibt sich, daß die Ausnutzung der verschiedenen Stickstoffdüngemittel einmal abhängig ist von der Bodenreaktion und fernerhin von den Pflanzen. Bei den säureunempfindlichen zeigt sich die Ausnutzung nahezu unabhängig von der Reaktion. Bei den säureempfindlichen Pflanzen dagegen ergibt sich eine wesentliche Abhängigkeit von der Reaktion. Bei saurer Reaktion werden die Verbindungen mit Ammoniakstickstoff bedeutend schlechter ausgenutzt als die mit Nitratstickstoff. Dies wird darauf zurückgeführt, daß diese Pflanzen nicht fähig sind, Ammoniakstickstoff aufzunehmen¹⁾, sondern erst nach Überführung in Nitratstickstoff. Der Stickstoffgehalt ist in diesen Pflanzen infolge der zu späten Stickstoffaufnahme deutlich höher als bei den Pflanzen, die bei neutraler Reaktion gewachsen sind. Bei diesen ist dann auch die Verschiedenheit in der Ausnutzung der verschiedenen Stickstoffdüngemittel verschwunden.

Diskussion:

Prof. Dr. GOY: Allein mit der Stickstofffrage scheint die Tatsache nicht geklärt zu sein, daß die Böden, die sauer sind, schädlich sind. Vielleicht ist auch in dem Boden, auf dem der Klee glänzend wuchs, viel Salpeter darin gewesen.

Dr. NEHRING: Im allgemeinen ist zu Klee eine Stickstoffdüngung nicht gegeben worden, so daß man hier kaum von einer Ausnutzung der verschiedenen Stickstoffverbindungen sprechen kann.

Dr. E. M. CROWTHER asked whether Dr. NEHRING had any observations on the relative rates of nitrification of calcium cyanamide and ammonium sulphate especially in the most acid soil. Although he had also pot experiment results in which calcium cyanamide had given better yields of barley than ammonium sulphate in acid soils, yet the nitrification of the calcium cyanamide had always been markedly slower than that of ammonium sulphate. This suggested that even in ordinary unsterilised soil a direct ammonium assimilation was taking place.

Dr. ARRHENIUS: Dr. CROWTHER hat gefragt, ob Tatsachen vorliegen, die zeigen, daß ein Unterschied in saurem Boden, ein Unterschied zwischen der Nitrifikation der Ammoniumverbindungen und dem Kalkstickstoff vorliegt.

¹⁾ Nachträgliche Anmerkung: Es ist hier nicht die Absicht gewesen zu behaupten, daß die Gerste überhaupt nicht fähig ist, Ammoniakstickstoff aufzunehmen, sondern nur, daß es ihr unter den erwähnten Umständen bei saurer Reaktion nicht möglich gewesen ist und daß hierauf die Unterschiede in der Ausnutzung der verschiedenen Stickstoffverbindungen zurückzuführen sind.

Die Erfahrung ist, daß Kalkstickstoff auf saurem Boden langsamer nitrifiziert wird, als die Ammoniumverbindungen.

Dr. NEHRING: Die Untersuchungen ergaben im allgemeinen eine Bestätigung der Frage des Herrn Dr. CROWTHER, daß auf sauren Böden eine langsamere Nitrifikation des Kalkstickstoffes stattfindet.

Dr. ARRHENIUS: Ich muß Herrn Dr. NEHRING fragen, ob er glaubt, daß Gerste nicht Ammoniak als Stickstoffquelle gebrauchen kann, also daß wir hier einen Unterschied zwischen ammoniakliebenden und nitratliebenden Pflanzen haben. Wenn man die schädigenden Wirkungen beseitigt, so bekommt man dieselben Werte. Ich habe Versuche gemacht mit konstanten Konzentrationen von nur Ammoniak, nur Salpeter und einem Gemisch von Salpeter und Ammoniak in Wasserkulturen. Da habe ich dieselben Resultate erzielt, ich beseitigte die Schäden. Ich habe dieselbe Düngewirkung oder Nährwirkung von Ammoniak wie von Salpeterstickstoff gefunden. Es ist der Pflanze ganz gleich, in welcher Form man den Nährstoff gibt. Die Versuche können auch anders gedeutet werden; das ist ja nur eine Arbeitshypothese, aber ich glaube, daß die Arbeitshypothese falsch ist. (Zuruf NEHRING: Aus welchem Grunde falsch?) Es gibt ja auch andere Versuche, z. B. die Versuche von Prof. Dr. PRANISCHNIKOW, wo er die schädliche Wirkung des Ammoniumsulfats beseitigt hat durch Zugabe von Kalk. Diese Sache muß ihre Bestätigung durch gute physiologische Versuche bekommen. Sie zeigten hier, daß Gerste absteigenden Stickstoffgehalt gehabt hat. (Der Redner verweist auf Darstellungen auf einer Tabelle.) Hier befindet sich die Gerste mehr im Jugendzustande. Ich glaube, daß das die Erklärung dafür ist und nicht, daß die Gerste mehr Stickstoff aufnimmt.

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL: Ich möchte an die Ausführungen von Herrn Dr. ARRHENIUS anschließen. Die Gerste nimmt aus sterilen Wasserkulturen NH_4 -Ionen jedenfalls ebenso schnell, wenn nicht noch schneller als NO_3 -Ionen auf. Sie ist aber außerordentlich säureempfindlich und wird durch auftretende saure Reaktion leicht geschädigt. Ihre Unfähigkeit NH_4 -Ionen aufzunehmen aus Versuchen in unsterilisiertem Boden abzuleiten, ist nicht möglich.

Dr. NEHRING: Die meisten Versuche sind in Nährlösungen durchgeführt worden, die steril gehalten wurden. Im allgemeinen liegen die Verhältnisse im natürlichen Boden anders. Die Versuche können aber über eine ganze Vegetationszeit nur schwer steril gehalten werden. Es liegen Versuche von KRÖGER vor, die aber nicht beweiskräftig sind. Damit ist nicht gesagt, daß die Gerste fähig ist, Ammoniumverbindungen aus dem Boden bei saurer Reaktion aufzunehmen. Es wäre möglich, daß hier die Absorptionsercheinungen eine gewisse Rolle spielen, da der Ammoniakstickstoff von den Bodenteilen stark festgehalten wird. So ergab sich bei Ausschüttelung mit Wasser, daß nur 10 % des zugesetzten Ammoniakstickstoffs durch das Wasser herausgelöst wurden. Erst wenn ein anderes Lösungsmittel, KCl-Lösung angewandt wird, ist es möglich, den gesamten Ammoniakstickstoff in Lösung zu bekommen. Wie weit diese Verhältnisse eine Rolle spielen, ist vorläufig nicht zu beurteilen, weil Untersuchungsergebnisse hierüber nicht vorliegen. Ich hatte geplant, die Verhältnisse unter sterilen Versuchen

durchzuführen, da mir die Ergebnisse auch selbst teilweise überraschend und nicht eindeutig vorkamen; das muß ich zugeben. Es war aber nicht möglich, die Versuche in diesem Jahre durchzuführen.

Prof. Dr. LIPMAN: The utilization of different nitrogen compounds by crops as effected by soil reaction is a subject that has been the subject of experimental study for a long time. The question concerning the relative value of different forms of nitrogen was raised before the middle of the nineteenth century. The great mass of experimental evidence on the subject, now available, is not easy to interpret. Certainly the conflicting deductions will be more readily understood in the light of our newer knowledge of soil reaction. The form of nitrogen used, the buffering power of the soil, the cultural practices, amount of fertilizer employed, the length of the experiment of any given type of field practice, as well as the nature of the crop, all have a direct bearing on the subject. In dealing with this question we should remember, that the ability of plants to utilize one or another form of nitrogen, as illustrated, for instance, by exact plant physiological studies (those of MASÉ or SHIVE or by pot and field experiments in Germany, England and the United States) should be measured from the point of view of field practice. We know that ammonium salts are readily oxidized in the soil. We know that so-called physiologically basic nitrogen salts change in their action with the changing character of the soil. We should also remember that rainfall and distribution is an important factor.

Dr. TRÉNEL: Herr Prof. LIPMANN hat folgendes ausgeführt: Wir wissen heute, daß die Frage, ob Ammoniakstickstoff oder ob Nitratstickstoff von der Pflanze bevorzugt aufgenommen wird, von der Pflanze selber abhängt, daß die Frage also physiologisch ist; zweitens, daß die Frage mit der Bodenreaktion eng verknüpft ist. Die Versuche in New Brunswick haben gezeigt, daß die Aufnahme von Ammoniakstickstoff und Nitrastickstoff bei Mais etwa dieselbe ist, daß dagegen — insbesondere im sauren Boden — von Hafer und Weizen der Nitratstickstoff bevorzugt aufgenommen wird. Die Frage, ob Ammoniak- oder Nitratstickstoff bevorzugt aufgenommen wird, ist ferner untrennbar verbunden mit der Tätigkeit der Mikroorganismen im Boden. So werden Ammoniumsalze im Boden schnell oxydiert. In der Versuchsstation zu New Brunswick wurde die Reaktion des Bodens geändert; dadurch veränderte sich die Bakterienflora, was wiederum die Höhe der Ernte beeinflusste. Ein gewisser Anteil des gegebenen Stickstoffs wird durch die Mikro-Organismen verbraucht bzw. festgelegt.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Wir benutzten Ammoniumnitratlösung, setzten erwachsene Pflanzen in die Lösung und dann bestimmten wir: Was wird schneller aufgenommen? Und ich kann sagen, daß immer zuerst Ammoniak und dann Salpetersäure aufgenommen wird. Wenn wir die Versuche länger fortsetzen, wird mehr oder weniger alles aufgenommen; je nachdem in welchem Moment Sie die Bestimmung vornehmen, ist die Antwort verschieden über die Geschwindigkeit der Aufnahme. Es kommen auch umgekehrte Fälle vor, in welchen Ammoniak nicht durch die Pflanze aufgenommen wird. Wenn wir jedoch normal assimilierende Pflanzen nehmen, wird Ammoniak früher absorbiert als Salpetersäure.

Dr. NEHRING: Ich möchte darauf hinweisen, daß die Schlüsse auf den Untersuchungen beruhen, die während der Vegetationszeit an den Erdproben selbst durchgeführt wurden. Ammoniak- und Nitratstickstoff sind getrennt bestimmt worden. Dabei ergab sich, daß die Stickstoffaufnahme aus den Ammoniumverbindungen erst einsetzte, als ein gewisser Teil des Ammoniumstickstoffs nitrifiziert war. Da die Nitrifikation bei den sauren Böden langsam einsetzte, fand die Stickstoffaufnahme später statt, so daß nach zwei Monaten fast die gesamte Menge des Ammoniakstickstoffs im Boden vorhanden war, während vom Salpeterstickstoff über die Hälfte aufgenommen war. Auf diese Ergebnisse sind vor allem meine Schlüsse aufgebaut worden, daß die Gerste bei saurer Reaktion nicht fähig ist, den Ammoniakstickstoff aufzunehmen.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Ich möchte mir die Frage erlauben, ob Reaktionsmessungen während der Vegetationszeit durchgeführt sind.

Dr. NEHRING: Es ergab sich ferner, daß der schlechtere Ertrag beim Harnstoff nicht auf eine Reaktionswirkung zurückgeführt werden kann, da, wie die Messungen ergaben, das pH bei Harnstoff um ca. 0,1—0,2 Einheiten günstiger war als bei der Düngung mit Natronsalpeter.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Hat noch jemand eine Frage oder eine Bemerkung zu machen? Wenn das nicht der Fall ist, können wir weitergehen. Ich bitte Herrn Prof. MITSCHERLICH, den Vorsitz wieder zu übernehmen.

Prof. MITSCHERLICH: Herr Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW wird uns einen zusammenfassenden Überblick über seine Arbeiten geben die sich mit dem Einfluß der pH und anderer Ionen auf das Wachstum beschäftigen.

ÜBER DEN EINFLUSS DER pH AUF DAS PFLANZENWACHSTUM

Von Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW-Moskau

Wenn man² in den Boden Kalk einführt, so denkt man zuerst an die Regulierung der Wasserstoffionen-Konzentration, aber pH allein ist nicht entscheidend. Ein Optimum kann verschieden ausfallen, je nachdem in welcher Menge andere Kationen vorhanden sind. Sie können eine verschiedene Antwort bekommen, z. B. wenn wir Böden von verschiedenem Pufferungsvermögen haben und künstlich dieselben Abstufungen von pH einstellen (z. B. von pH 4,5 bis pH 8,0), bekommen wir nicht die gleichen Resultate für verschiedene Böden. In solchen Böden, welche basenarm sind oder nur ein kleines Pufferungsvermögen haben, sind die Pflanzen empfindlicher gegen Azidität als in Böden mit größerem Pufferungsvermögen. Es wurden z. B. einmal drei Böden genommen, Sandboden, Lehm Boden und Schwarzerde; Sandboden

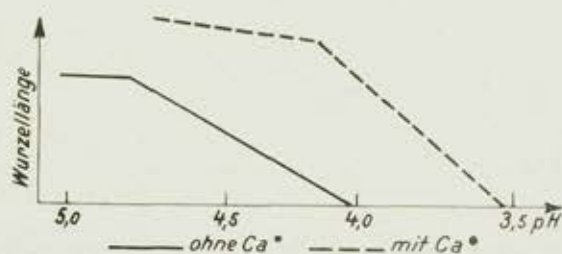
mit einem kleineren Pufferungsvermögen, Leimboden mit einem größeren Pufferungsvermögen und Schwarzerde mit dem größten Pufferungsvermögen.

Vegetationsversuch 1928 hat gezeigt, daß im Sandboden die Senfpflanzen bei pH 4,5 abgestorben waren, während bei gleicher Reaktion auf Leimboden die Pflanzen lebend geblieben sind und auf Schwarzerde standen sie sogar nicht schlecht. Ebenso bei alkalischer Reaktion (diesmal bis pH 7,8) litten die Pflanzen vielmehr auf Sandboden als auf anderen Bodenarten. Bei Wiederholung dieses Versuches im Jahre 1929 haben die Erbsen ähnliches Verhalten gezeigt: Auf Sandboden zeigt die photographische Aufnahme ein typisches Bild, es entstand eine Kurve mit stark ausgeprägtem Optimum in der Mitte, aber auf Schwarzerde und Leimboden stehen die Pflanzen nach fünfwöchentlicher Entwicklung fast gleich gut bei allen Abstufungen von pH 4,5 bis 7,9.

Solche Tatsachen sind gewiß vielen Herren bekannt. Wo liegen aber die Ursachen? Dazu soll mein Vortrag einiges beitragen. Ich will nicht sagen, daß wir schon alles wissen. Aber etwas kann man doch schon sagen.

Darum will ich noch Versuche mitteilen, die nicht im Boden, aber in Wasserkulturen gemacht sind; es ist rein physiologisch studiert, um einzelne Faktoren zu trennen. Ich will zuerst die Arbeiten erwähnen, die vor einigen Jahren bei mir von meinem Mitarbeiter DOMONTWITSCH über Antagonismus zwischen Wasserstoffionen und Calciumionen gemacht wurden. Es gibt auf diesem Gebiete auch manche Arbeiten, die im Auslande gemacht sind.

Wenn wir reines Wasser nehmen und verschiedene Mengen beliebiger Säure zusetzen und dann in dieser Lösung von Säure Weizen oder Erbsenkeimlinge wachsen lassen und messen, wie lang die Wurzeln der Keimlinge nach gewisser Zeit bei verschiedenen pH-Abstufungen sind, dann bekommt man eine Kurve, welche bei pH 4,7 rasch herabsinkt und bei pH 4,0 mit der Abscissenachse zusammenkommt.



Die Wurzeln wachsen nicht mehr. Wenn wir aber zugleich Calcium einführen, ohne den pH zu verändern (dazu wurde CaSO_4 oder CaCl_2 gebraucht), dann ertragen die Wurzeln größere Azidität der Lösung, ohne große Unterdrückung des Wachstums, und sogar bei pH 4,0 zeigen die Weizen- und Erbsenkeimlinge bedeutenden Zuwachs.

Also man kann von einem gewissen Antagonismus sprechen zwischen Wasserstoffionen und Calcium. Die Nährlösung muß, wie bekannt, physiologisch balanciert werden. Sogar die Nährstoffe können schädlich sein, wenn das Gleichgewicht nicht gewahrt ist; wenn man z. B. destilliertes Wasser nimmt und nur ein Magnesiumsalz einführt, dann fühlen sich die Pflanzen in der Lösung von Magnesiumsalz schlechter als in Wasser allein. Wenn wir aber zugleich Ca-Salz einführen, dann wird die einseitige Wirkung von Magnesium entgiftet. Solche Erscheinungen hat zuerst LOEW

beobachtet, welcher den Begriff „Kalkfaktor“ $\frac{\text{CaO}}{\text{MgO}}$ eingeführt hat, den später die Pflanzenphysiologen wie OSTERHOUT und andere verallgemeinert haben. Hierher gehört zum Teil auch die Erscheinung, die EHRENBURG als „Kalk-Kali-Gesetz“ zusammenfaßte.

Außer der Wasserstoff- kann auch die Calciumionen - Konzentration von Einfluß sein. Dann versteht man, daß die Böden von verschiedener Pufferung schon deshalb bei gleichen pH-Abstufungen verschiedene Pflanzenentwicklung zeigen werden, weil doch diese Böden verschiedene Mengen von Ca enthalten, welches bei Einstellung auf bestimmte pH-Abstufungen durch Säure gebunden wird und dabei seine antagonistische Wirkung offenbart. Vielleicht kann ich dabei folgende Voraussetzung aussprechen. Die nützliche Wirkung von Gips zu Klee wird gewöhnlich durch den Schwefelmangel oder durch Calciummangel erklärt. Aber außerdem kann Klee gewinnen bei diesen Erscheinungen, wenn man in saure Böden Calciumionen einführt, dann wird der Überschuß der Wasserstoffionen gewissermaßen entgiftet. Dann möchte ich anführen, daß außer Calciumionen auch andere Kationen von Einfluß sein können. Die Stickstoffquelle ist auch von großem Einfluß. Wir haben beobachtet, daß je nachdem, ob die Pflanzen durch Ammoniak- oder Salpeterstickstoff bei gleichen pH-Abstufungen ernährt werden, das Resultat verschieden ist. Wir haben das bei Zuckerrüben beobachtet, einer Pflanze, für welche entschieden nach den Arbeiten von ARRHENIUS, TRÉNEL u. a. angenommen wird, daß ihre optimale Reaktion zwischen pH 7 und 8 liegt. Es erwies sich aber, daß das Resultat verschieden ist, je nach der Stickstoffquelle, die wir wählten. Das sind gewiß rein physiologische Versuche in fließenden Nährlösungen, bei welchen pH ziemlich konstant gehalten werden kann. Hier sieht man die pH-Abstufungen 4, 5,5, 7 und 8. Es wird sich bei diesen Versuchen herausstellen, daß im Falle von Ammoniakernährung die optimale pH bei 7 liegt und bei einer Nitraternährung bei 5,5. Diese Versuche mit Zuckerrüben wurden 3 Jahre (1926, 27, 28) mit denselben Resultaten wiederholt.

Was die Erklärung betrifft, so kann ich nur etwas voraussetzen, aber nicht sagen, daß wir es ganz klar erkennen. Wir sprechen nämlich immer von physiologischer Azidität in dem Sinne, daß wir äußere Reaktion meinen, aber es können Einflüsse auch auf die innere Reaktion, die der Vacuolen und im Plasma selbst vorliegen. Im Falle von Natrium-Nitrat — obwohl die Salpetersäure schneller absorbiert wird als Natrium — kommen gewisse Mengen von Natrium in die Zelle, die von der Pflanze nicht ausgenutzt werden dann bleiben Überschüsse von Natrium eventl. als Na HCO_3 ; dann ist für die Pflanze in der äußeren Lösung ein ge-

wisser Überschuß von Wasserstoffionen vorteilhaft; darum vielleicht ist es bei Ernährung mit NaNO_3 günstig, wenn das äußere Medium pH 5,5 hat. Das ist gewiß nur eine Voraussetzung, welche für gegebene Versuchsbedingungen gültig sein kann. Bei Ammoniumsulfat wird Ammoniak gewiß schneller absorbiert als Schwefelsäure. Aber es kommt doch etwas von Schwefelsäure in die Pflanze hinein; und wenn es mehr ist als die Pflanze bei der Eiweißsynthese verbraucht, kann im Innern Azidität auftreten. Dann ist für die Pflanze ein Überschuß von Wasserstoffionen in der Nährlösung ungünstig, sie kommt besser aus, wenn die Reaktion des Außenmediums ganz neutral ist. Es erweist sich also, daß die optimale Reaktion für Zuckerrüben verschieden ist, je nachdem, mit welcher Stickstoffquelle man arbeitet. Jetzt noch einen Schritt weiter: Wenn wir bei gleichen Abstufungen von pH die Menge von Calciumionen ändern, so kann das Resultat für die Pflanze verschieden ausfallen (d. h. positiv oder negativ sein), je nachdem mit welcher Stickstoffquelle wir arbeiten: im Falle von Ammoniakstickstoff und bei pH 5,5 bis 7,0 wirkt die Einführung von Calciumionen (z. B. als CaSO_4) entschieden positiv.

Das haben wir klargelegt, indem wir nicht nur die Erträge bestimmten, sondern die Pflanzen auch analysierten. Es erwies sich, daß die Zuckerrübe bei Ammoniakernährung viel ärmer an Kalk war, als bei Nitraternährung. Dann haben wir den Versuch gemacht, die Mengen von Calcium zu vergrößern, ohne pH zu verändern. Das hat im Falle von Ammoniakernährung eine positive Wirkung ausgeübt. Aber bei Nitraternährung kann umgekehrt ebensolche Steigerung der Calciumionkonzentration deprimierend auf das Pflanzenwachstum wirken, wenigstens bei gewissen pH-Abstufungen.

Man kann die Resultate der erwähnten Versuche so formulieren: Die Frage, welche Stickstoffquelle besser ist, wird verschieden beantwortet, je nachdem, welche pH die Nährlösung hat. Hat man sie auf pH 7,0 eingestellt, dann ist Ammoniak sehr gut, Natriumsalpeter sehr schlecht. Nun können wir die Ernte im Falle von Ammoniak verbessern, wenn wir mehr Calcium geben, ohne die Wasserstoffionkonzentration zu ändern.

Dann haben wir außer Zuckerrübe unsere Versuche mit Mais wiederholt und dieselben Resultate auch bei dieser Pflanze bekommen. D. h.: Es liegt das Optimum bei pH 5,5 im Falle von Nitraternährung und bei pH 7,0 bei Ammoniakernährung. Die antagonistische Wirkung von Ca gegen Wasserstoffionen und Ammoniumionen haben wir noch in einer Serie von Versuchen mit Hafer beobachtet: wenn wir in der HELLRIEGEL'schen Nährlösung Nitrat durch ein Ammoniumsalz ersetzen und nur soviel von Ca (in Form von CaSO_4) geben, wie in $\text{Ca(NO}_3)_2$ vorhanden war, dann wachsen die Pflanzen schlechter als in HELLRIEGEL'scher Nährlösung wegen der Störung des Gleichgewichts zwischen den Kationen. Diese Störung ist durch Einführen von bedeutenden Mengen neuer Kationen (NH_4) hervorgerufen worden. Wenn wir aber jetzt die Menge von Calciumionen verdoppeln oder vervierfachen, indem wir mehr CaSO_4 einführen, so können wir bei gewisser Konzentration der Nährlösung bessere Resultate mit Ammoniak bekommen als mit Nitraten.

Also, wenn man in den Boden Kalk einführt, so beeinflußt man nicht nur die Wasserstoff-, sondern auch die Calcium-Konzentration; auch die Ammoniak- und die Salpeterbildung ist anders, und das steht alles

in engem Zusammenhang. Die Wirkung von Kalk ist also sehr kompliziert und ich möchte noch hinzufügen, daß diese Kompliziertheit mit oben erwähnten Nebeneinflüssen noch nicht erschöpft ist.

Ich möchte nur nebenbei erwähnen, daß der Einfluß von Calcium im Boden sich auch auf die Phosphorsäureernährung der Pflanzen verbreiten kann. Wir haben einmal vor 20 Jahren in Vegetationsversuchen beobachtet, daß auf einem Schwarzerdeboden die Pflanzen mehr Phosphor enthielten, wenn der Boden gekalkt wurde. Damals haben wir aber diese Tatsache nicht näher verfolgt. In den letzten 10 Jahren haben wir Gelegenheit gehabt, solche Erscheinung auf anderen Bodentypen (podsolierter Lehm Boden) eingehender zu verfolgen, und zwar nicht nur in ein oder zwei Jahren, sondern wir haben die Wirkung des einmal gegebenen Kalkes in zehn Jahren verfolgt. Es erwies sich, daß in dieser Zeit die Wirkung von Kalk auf Stickstoffumsatz und Zugänglichkeit von Phosphorsäure des Bodens nicht gleichmäßig ist. Der Stickstoffumsatz im ersten Jahre wird lebhaft gefördert; dann wird er immer geringer. Aber die Wirkung auf die Assimilierbarkeit der Phosphorsäure bleibt länger bestehen. Wir haben auf dem Versuchsfeld Parzellen gehabt, die wurden vor zehn Jahren gekalkt, und zwar ziemlich stark; es wurde dann die Analyse der Pflanzen, die im Felde auf gekalktem und nicht gekalkten Boden gewachsen sind, durchgeführt. Außerdem haben wir Bodenproben entnommen von gekalkten und ungekalkten und vor zehn Jahren gekalkten Parzellen und die zitronensäurelösliche Phosphorsäure nach LEMMERMANN bestimmt; dann wurden auch die Versuche nach der NEUBAUER-Methode durchgeführt und alle diese drei Wege haben zu demselben Schluss geführt: es wirkte die Kalkung günstig auf die Assimilierbarkeit der Phosphorsäure des Bodens (diesmal unpodsolierter Lehm).

Die Zugänglichkeit des Stickstoffs und der Phosphorsäure des Bodens wird in den ersten Jahren durch Kalkung ziemlich gleichmäßig gesteigert.

(Redner gibt dann Erläuterungen an Hand einer Karte, welche zeigt, daß nach 9 Jahren die Zunahme von Phosphorsäure in der Erde bedeutend größer ist als Zunahme von Stickstoff unter dem Einfluß der Kalkung. Redner gibt weiter Erläuterungen an Hand einer Karte, welche den Vergleich zwischen dem vierten und neunten Jahr gestattet; man sieht, daß die Wirkung auf den Stickstoff des Bodens mit der Zeit abnimmt, für Phosphorsäure des Bodens aber relativ zunimmt.)

Das sind die Tatsachen, die ich mitteilen wollte um zu zeigen, daß es bei einer Kalkung nicht nur eine Regulierung von pH gibt, sondern auch die Calciumionenkonzentration als solche von Bedeutung ist, denn die Menge von Ammoniak und Nitraten im Boden und Zugänglichkeit von Bodenphosphorsäure wird geändert. In Zusammenhang mit dem Gesagten kann man von einer gewissen Relativität in der Entscheidung der Frage über optimale Wasserstoffionenkonzentration sprechen; je nachdem wie die Nährlösung zusammengesetzt ist, in welchem Verhältnis die anderen Ionen (Ca, Na, Mg usw.) dabei eingesetzt sind, kann das Optimum der pH in gewissem Rahmen wandern.

Wie gesagt, ich will nicht behaupten, daß wir alle Faktoren, die an diesem Spiel teilnehmen, geklärt haben, aber doch kann man manche Seiten als geklärt ansehen, um zu verstehen, warum die Böden von verschiedenem

Pufferungsvermögen ungeachtet gleicher pH-Abstufungen ein verschiedenes Verhalten der Pflanzen zeigen.

Diskussion:

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Ich danke Herrn Prof. PRIANISCHNIKOW herzlich für die Freundlichkeit, die interessanten Ergebnisse uns mitzuteilen. Ich darf die Diskussion hierzu eröffnen. Mit den Ergebnissen von Herrn Prof. PRIANISCHNIKOW steht in sehr guter Übereinstimmung ein Ergebnis, welches wir vor Jahren feststellen konnten, daß nämlich Pflanzen zur Bildung gleich hoher Ertragsmengen aus schwer löslichen Phosphaten mehr Phosphorsäure aufnehmen als aus leichtlöslichen Verbindungen. Es ist das ein Befund, der jedoch zu den Grundlagen der NEUBAUER-Methode im Widerspruch steht.

Die Ergebnisse von Herrn Prof. PRIANISCHNIKOW machen wir uns bereits für die Praxis sehr nutzbar und zwar in Gefäßversuchen, wo wir die zehnfache Düngermenge gaben wie in der Praxis. Wir düngen je 4 Gefäße stark sauer mit schwefelsaurem Ammoniak und Superphosphat und je 4 stark alkalisch mit Thomasmehl und Natronsalpeter und bestellen von diesen je zwei mit dem säureempfindlichen Senf und je zwei mit dem alkaliempfindlichen Hafer; und je nach dem Gedeihen der verschiedenen Pflanzen bei der verschiedenen Düngung bestimmen wir alsdann die Art der zu gebenden Düngung.

Einen Zusammenhang zwischen diesen pflanzenphysiologischen Beobachtungen und der pH-Zahl bzw. auch dem Pufferungsvermögen der Böden konnten wir leider bisher trotz vieler Arbeiten nicht finden.

Dr. TRÉNEL: Ich bedaure außerordentlich, die tiefeschürfende Arbeit von Herrn Prof. PRIANISCHNIKOW nicht schon längst gekannt zu haben. Das liegt daran, daß es schwierig ist, russische Arbeiten zu lesen, denn sonst wäre mir manche Ausnahme, die ich bei meinen Arbeiten auf dem Felde beobachtet habe, wenn die pH-Zahl nicht ein Kennzeichen dafür war, ob die Gerste noch wachsen wollte oder nicht, längst klar geworden. Das eine Beispiel, das ich vorhin aus der Versuchsstation Darmstadt mitteilte, gehört wohl hierher. Wir hatten auf sehr saurem Boden, zu dem Thomasmehl gegeben war, gute Gerste. Ich bin nach dem Vortrag von PRIANISCHNIKOW überzeugt, daß es der Antagonismus der Calciumionen möglich machte, daß die Gerste hier noch bei einer pH-Zahl wachsen konnte, die weit unter pH 5 lag. Herr Dr. DAVIS hat schon gewinkt, daß er die Ausführungen von Herrn Prof. PRIANISCHNIKOW nicht verstanden hat; ich darf deshalb vielleicht versuchen, das Ergebnis des Vortrags kurz in mein schlechtes Englisch zu übertragen. (Zustimmung.)

The interesting paper of Prof. PRIANISCHNIKOW concerns the effect of soil-reaction on plant growth. Prof. PRIANISCHNIKOW has managed in two years physiological experiments in culture-solutions with different reaction, different Nitrogen-fertilisers and different addition of Cations, such as Calcium and Magnesium. The results show, that the optimum of plant growth

effected by pH is not dependent of the reaction of the culture solution alone. The optimum is changed, when Ca- oder Mg-Ions (given as Ca- oder $MgSO_4$) are present. Otherwise the kind and form of the added nitrogen has an effect too. In the case of Ammonium-addition the optimum of sugar-beets was lying at pH 7, in the case of Nitrate at pH 5,5 and the optimum of corn was about pH 5,5, when Nitrogen was given as Nitrate and at pH 7 when Ammonium-salts were given. Prof. PRIANISCHNIKOW discussed these facts and suggested that the problem of soil-acidity is a very complex one.

Dr. BEHRENS: Ich möchte darauf aufmerksam machen, daß uns manches, was Herr Prof. PRIANISCHNIKOW mitgeteilt hat, bereits aus seinem Bericht bekannt ist. Dieser ist meines Wissens in russischer Sprache abgefaßt, aber mit deutscher Zusammenfassung, und vor allen Dingen kann man sich in den Figuren und Tabellen gut zurechtfinden. Der Bericht ist wie folgt betitelt: „Ergebnisse der Vegetations- und Laboratoriumsversuche — XIV. Bericht der agriculturchemischen Versuchsstation, herausgegeben von Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW, 1928.“ Er ist vor 3 oder 4 Monaten erschienen.

Dr. NEHRING: Es ist interessant, in den Ausführungen des Herrn Prof. PRIANISCHNIKOW eine gewisse Bestätigung zu finden, daß die Aufnahme von Ammoniakstickstoff durch einen Mangel an Calciumionen gehindert ist. Da in einem sauren Boden nur wenig Calciumionen vorhanden sind, wäre vielleicht hier die Erklärung zu finden für die Nichtaufnahme des Ammoniaks bei saurer Reaktion.

Prof. LIPMAN noted that in plant cultural experiments the factor of iron solubility on the chlorosis should receive the most careful consideration. Otherwise we should reach faulty conclusions as to the relative effectiveness of ammonium salts and nitrates in culture solution at different hydrogen-ion concentrations.

Dr. TRÉNEL: Prof. LIPMANN hat darauf aufmerksam gemacht, daß die Löslichkeit des Eisens von der Wasserstoffionenkonzentration abhängt und daß Chlorose und Eisenlöslichkeit eng zusammenhängen. Wird diese Tatsache nicht beachtet, so sind Fehlschlüsse über die Wirkung der Stickstoff-Formen in Nährlösungen von verschiedener Reaktion unvermeidlich.

Prof. PRIANISCHNIKOW: Das ist gewiß richtig, eigentümlicherweise verhalten sich verschiedene Pflanzen verschieden. Die einen können größere Abstufungen von pH vertragen; das muß im einzelnen jedoch noch weiter erforscht werden.

Dr. ESCHENHAGEN: Es wird Mitteilung gemacht, daß bei den in Pommern angestellten MITSCHERLICH-Versuchen häufig beobachtet wird, daß die Haferpflanzen schon bei pH-Zahlen von ca. 4,9—5,1 (in KCl) schlechtes Wachstum zeigen, im Felde würde man dieses evtl. erst bei pH 4,5 erwarten. Andererseits sind die Haferpflanzen für Kalkdüngung äußerst dankbar, auch wachsen die Pflanzen bei pH-Zahlen von 7,6—7,8 äußerst freudig. Diese Beobachtungen erwecken den Eindruck, als verhielte sich Hafer bezüglich der Reaktion anders als im Felde. Es erscheint daher

gewagt, aus dem Verhalten der Pflanzen in Gefäßen bezüglich der Reaktion auf den Zustand des Feldes zu schließen.

Frau Prof. ANDRONIKOW-VON WRANGELL: Ich möchte zwei Fragen stellen:

1. Ist die pH auf den drei Bodenarten Sand, Lehm und Schwarzerde auch nach Schluß des Versuches konstant geblieben? Bei Versuchen, die wir in Hohenheim anstellten, erwies es sich schwierig, in Böden mit starker Pufferung die pH-Zahlen konstant zu erhalten.

2. Sollte die Kalkung, die eine Mobilisierung von P_2O_5 innerhalb von 10 Jahren bewirkte, nicht auch durch eine erhöhte Bakterientätigkeit zu erklären sein? Es gelang uns in mehreren Jahren dank fortgesetzter Bodenbearbeitung aus einem untätigen, außerordentlich P_2O_5 -bedürftigen Untergrundboden sehr erhebliche Mengen von P_2O_5 zu mobilisieren.

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Was die Änderungen von pH in der Zeit betrifft, so ist es wirklich nicht so leicht, bei einem „pufferstarken“ Boden das pH auf 4,5 einzustellen; sobald das aber erreicht ist, sind spätere Änderungen schon nicht mehr von bedeutender Größe; so war für einen Boden, der über Winter (1928/29) aufbewahrt war, pH von 4,5 auf 4,8 gestiegen; aber im großen und ganzen sind die Abstufungen von pH sich gleich geblieben.

Was die Teilnahme der Bakterien an dem Steigen der Assimilierbarkeit der Phosphorsäure des Bodens unter dem Einfluß der Kalkung betrifft, so habe ich vorläufig keine Anhaltspunkte dafür, den Bakterien die Hauptquelle in dieser Hinsicht zuschreiben zu müssen.

Dr. ARRHENIUS: Ich möchte Herrn Prof. MITSCHERLICH eine Frage stellen: Herr Prof. MITSCHERLICH sagt, daß er weder der hydrolytischen Azidität noch den pH-Messungen vertraue, sondern er mache physiologische Untersuchungen. Wenn man aber nicht weiß, ob Säure vorhanden ist, dann kann man nicht sagen: Leidet die Pflanze wirklich an Säureschädigungen? Es wäre interessant zu hören, wie Sie physiologisch feststellen, ob eine Pflanze Säureschädigungen zeigt oder nicht.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Wir haben natürlich die Bodenarten, die wir dazu angewandt haben, in jeder Weise auf pH, auf Pufferung und alles mögliche untersucht und sind zu dem Resultat gekommen, daß die Vegetation ganz anders geantwortet hat, als die physikalisch-chemischen Untersuchungen erwarten ließen. Wir haben Versuche aber nicht nur in Gefäßen angestellt, sondern auch auf freiem Felde und gefunden, daß in Gefäßen und auf freiem Lande volle Übereinstimmung hinsichtlich der schlechten Reaktion des Senfs auf saurem Boden bzw. der Nichtreaktion des Hafers auf gleichem Boden bestand.

Dr. TRÉNEL: Ich möchte Herrn Prof. MITSCHERLICH die Frage stellen, innerhalb welcher pH-Zahlen die Böden lagen, die zur Untersuchung benutzt wurden. Wenn die pH-Zahlen innerhalb einer gewissen Wachstumsbreite liegen, die der Pflanze zusagt, werden Sie niemals irgendeinen Einfluß der pH-Zahlen oder der sonstigen Säurebestimmung auf das Wachstum der

Pflanze finden können; erst wenn Sie unter die Grenze gehen, ist der Einfluß da und dann sehr deutlich.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Die Zahlen waren ungefähr 5—8. In diesem Jahre werden die Herren auf dem Versuchsfelde eine Reihe von Vegetationsversuchen finden, wo pH von 4 bis 8 herauf immer um $\frac{1}{2}$ gesteigert ist. Die Beobachtung von Frau Prof. VON WRANGELL ist richtig, daß der pH-Gehalt des Bodens sich ändert und dementsprechend, um die pH-Zahlen konstant zu halten, Korrekturen angebracht werden müssen. Leider haben wir beobachtet, daß die pH-Zahl nicht viel ausmacht, sondern daß nur bei starkem Säuregehalt Ausschläge zu beobachten sind.

III. VERHANDLUNGSTAG, SONNABEND, DEN 20. JULI

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Ich darf die heutige Sitzung eröffnen. Herr Prof. Dr. LIPMAN hat leider nicht Zeit, das Präsidium zu übernehmen, aber Herr Kollege SAIDEL aus Bukarest hat sich hierzu bereit erklärt, und ich glaube, es ist in ihrer aller Sinne, wenn ich ihn darum bitte. (Lebhafte Zustimmung.)

Prof. Dr. SAIDEL: Ich danke Herrn Prof. MITSCHERLICH. Als Nachtrag zur Tagesordnung des 19. Juli folgt ein Referat von Herrn Prof. Dr. KIRSSANOW über die MITSCHERLICH-Methode.

Hierzu gebe ich Herrn Prof. MITSCHERLICH das Wort.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Herr Prof. KIRSSANOW hat mir geschrieben, daß er sehr mit der Fertigstellung der großen Arbeit zu tun hätte, daß er aber doch noch in den letzten Tagen kommen wollte und hat mir dann mit der Flugpost die deutsche Zusammenfassung seiner Arbeit über „Das Wesen und kritische Betrachtung der MITSCHERLICH'schen Theorie und ihre praktische Anwendung“ zugestellt. Ich glaube in seinem Sinne zu handeln, wenn ich dieses Referat verlese. (Zustimmung.)

NACHTRAG ZU PUNKT I DER TAGESORDNUNG

DAS WESEN UND KRITISCHE BETRACHTUNG DER MITSCHERLICH'SCHEN THEORIE UND IHRE PRAKTISCHE ANWENDUNG.

Von Prof. KIRSSANOW-Leningrad

Zusammenfassung.

A. Allgemeine Bemerkungen.

Die kritische Betrachtung der MITSCHERLICH-Lehre ergibt folgendes:

1. Die MITSCHERLICH-Theorie stellt den ersten systematischen Versuch der mathematischen Behandlung der Beziehungen, welche zwischen Wachstumsfaktoren und Ernte existieren, dar.

2. Sie bricht völlig mit alten Anschauungen über Düngung, die im Grunde genommen meistens rein spekulativer Natur waren, wie z. B. das LIEBIG'sche Gesetz vom Minimum.

3. Die grundlegende Gleichung $\frac{dy}{dx} = k(A-y)$ ist durch viele andere Forscher mit genügender Exaktheit für die Praxis bestätigt.

4. Das kann man nicht über die BAULE-MITSCHERLICH-Gleichung

$$y = An(1-10^{-cx})(1-10^{-c_1x_1}) \dots (1-10^{-c_nx_n})$$

sagen, obwohl sie jeden Mathematiker befriedigen kann. Schon bei erster Betrachtung des Gesetzes sieht man einige Widersprüche. Wenn wir z. B. vier Faktoren haben, von denen jeder für 25 % des Höchstertages ausreicht, so bekommen wir bei gesamtter Wirkung dieser Faktoren, der Gleichung gemäß, nur 0,4 % des Höchstertages. Bei unseren Untersuchungen rechtfertigt sich das Gesetz bei den nährstoffreichen Bodenarten und stimmt nicht, wenn wir mit den nährstoffarmen Böden zu tun haben. Das Gesetz ist weiterer Entwicklung auf experimenteller Grundlage bedürftig.

5. Die Schwankungen des Wertes von c , in solchen Grenzen wie z. B. für P_2O_5 von 0,48 bis 0,68 anstatt 0,60 dz ha, haben für die Praxis keine oder sehr geringe Bedeutung.

Das ist von außerordentlicher Bedeutung für die praktische Anwendung der Methode und das wird von den Gegnern der Theorie nicht berücksichtigt, obwohl sie meist vom praktischen Standpunkt aus die ganze Lehre betrachten.

6. Die Lehre von der verschiedenen Wirkungsgröße der Wachstumsfaktoren schafft eine feste wissenschaftliche Grundlage für Anwendung und Schätzung der einzelnen Dünger.

7. Für die weitere praktische Ausbildung der Methode ist es besonders wichtig, die Faktoren festzustellen, mit denen man die im Gefäßversuch gefundenen Werte von b multiplizieren muß, um den wirklichen Gehalt des Bodens an Nährstoffen zu bestimmen. Hier muß man besonders die Natur des Bodens berücksichtigen.

8. Die zweite Annäherung des Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren wird die weitere Entwicklung der MITSCHERLICH-Theorie stark fördern. Sie läßt jetzt viele Versuchswidersprüche beseitigen und einige komplizierte Fälle leicht erklären, wie z. B. Kaliwirkung bei starken Gaben von Stickstoff. In der zweiten Annäherung haben wir den ersten mathematischen Ausdruck für die Depression der einzelnen Düngemittel. Jetzt ist es schwer vorauszusagen, welche Schlußfolgerungen aus dieser Lehre gezogen werden, aber es unterliegt keinem Zweifel, daß sie uns neue Bahnen öffnet.

B. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen.

Die Untersuchungen erstrecken sich über zwei Jahre — 1927 und 1928 in Detskoje Selo bei Leningrad Gefäßversuche — und auf 10 Staatsgütern im Leningrad-Bezirk.

Die Durchführung der Versuche schließt sich im wesentlichen den Vorschriften und Anweisungen an, die MITSCHERLICH dafür gegeben hat. Die Abweichungen waren: 1. in der Form der Versuchsgefäße, 2. wir haben in den Gefäßen mit reinen chemischen Salzen anstatt mit Handelsdünger gearbeitet.

Die Untersuchungen umfassen folgende Fragen:

1. Prüfung der Theorie bei steigenden Gaben an N und P_2O_5 in verschiedenen Salzen. Als Versuchspflanzen dienten Hafer, Senf und Gerste. (Die Gerste war nur im Feldversuch.)
2. Prüfung des BAULE-MITSCHERLICH-Gesetzes: a) in den Gefäßversuchen b) in Feldversuchen im Zusammenhange mit Gefäßversuchen.
3. Prüfung der praktischen Brauchbarkeit der Methode.

I. Die Versuche mit steigenden Gaben von N und P_2O_5 .

Erste Reihe steigender N-Gaben in Form von Natriumnitrat zu Hafer: 0,25 g, 0,5 und 1 g; bei $c = 0,122$, werden gute Übereinstimmung der geernteten Erträge mit den rechnerisch gefundenen erhalten; nur in einem Falle war die Differenz 10 %.

Zweite Reihe N-Gaben in Form von Ammoniumsulfat zu Hafer gibt auch gute Übereinstimmung. Die größte Differenz war hier einmal 5 %.

In beiden Reihen wurde derselbe Boden benutzt; der Wert von b für N war in beiden Fällen derselbe: 0,61 dz/ha.

Dies zeigt, daß das Verfahren richtig ist. Daraus folgt auch, daß c für beide Stickstoffformen denselben Wert hat und mit dem von MITSCHERLICH angegebenen identisch ist.

Dritte Reihe mit denselben N-Gaben in Form von Natriumnitrat zu Senf gibt in einem Falle die größte Differenz —13 % bei 0,5 g N pro Gefäß.

Vierte Reihe mit N von Ammoniumsulfat zu Senf zeigt bei derselben Gabe vollkommene Übereinstimmung: 89,4 g geernteter Ertrag und 88,1 g der berechnete.

Für Senf und Hafer wurde derselbe Boden benutzt. Bei Senf hat sich ein etwas anderer Wert von b herausgestellt, bei $NaNO_3$ —0,61 und bei $(NH_4)_2SO_4$ —0,66 dz/ha).

Die Bestimmung des Wertes von b beim Hafer gibt 0,63, der genau in der Mitte zwischen den zwei Werten bei Senf liegt.

Die Differenz ist für die Praxis belanglos.

Bei Verdünnung des Bodens mit Sand im Verhältnis 1 kg Boden + 5 kg Sand, haben wir genau denselben Wert von b für N gefunden, wie beim unverdünnten Boden. Dieser Umstand verdient besondere Beachtung, weil hier biologische Erscheinungen mitwirken; aber diese Wirkung kann nicht die Versuchsergebnisse in merklicher Weise beeinflussen.

Bei der Prüfung der Ernteresultate der erwähnten 4 Reihen mit N-Gaben nach der Gleichung: $\log(A-y) = \log A - cx$ haben wir von 32 Fällen nur zweimal die Differenz zwischen geernteter und berechneter Ernte von

10—13 % gehabt. Bei den übrigen Fällen war die Übereinstimmung beinahe vollkommen (bei $c = 0,122$ dz/ha).

Dasselbe kann man auch über das Studium der steigenden Gaben von P_2O_5 : 0,0, 0,25, 0,50 und 1 g pro Gefäß sagen. Der Wert von P_2O_5 —0,60 hat sich vollkommen bestätigt.

Die Abweichung der berechneten Erträge von den geernteten war in allen Reihen N- und P_2O_5 -Gaben in derselben Richtung: der geerntete Ertrag war immer größer, als der berechnete. Gewiß, es wäre besser, vollkommene Übereinstimmung der beiden Erträge zu haben; vom theoretischen Standpunkt aus ist jede große Abweichung als ein Übel, ungeachtet ihrer Richtung, zu betrachten. Aber für die Praxis ist diese Richtung von größter Bedeutung. Die Abweichungen, die wir in den Versuchsreihen festgestellt haben, kann man als latente Garantie für die Sicherheit der erwarteten Mehrerträge betrachten.

Die Berechnung A nach der Gleichung:

$$A = \frac{y^2 - y_1 y_2}{2y_2 - (y_1 + y_3)}$$

gibt bei $NaNO_3$ ein befriedigendes Resultat, aber bei $(NH_4)_2SO_4$ zu Senf haben wir den Fall, wo der Nenner Null wird. In diesem Falle bekommt man unbestimmte Werte. Für die richtige Anwendung dieser Gleichung muß man für verstärkte Wiederholung gleichnamiger Gefäße und größte Exaktheit der Versuchsdurchführung sorgen.

Dasselbe gilt für die Berechnung C mit Hilfe der betrachteten Gleichung.

II. Über die Formulierung des BAULE-MITSCHERLICH-Gesetzes.

Wir haben bei 15 verschiedenen Bodenarten im Gefäßversuch den Wert von b für N, P_2O_5 und K_2O festgestellt. Bei jeder Bodenart waren 4 Gefäße ohne Düngung mit angesetzt. Auf die Ernte dieser Gefäße wurde besonderes Gewicht gelegt. Nach den gefundenen Werten von b für alle drei Nährstoffe wurde der Ertrag der Gefäße ohne Düngung ausgerechnet. Der Quotient der berechneten und geernteten Erträge war nur in einem Falle 1,04; in allen übrigen haben wir starke Abweichung von 1—3,28 gehabt. Die größte Abweichung zeigten die Böden, die an Nährstoffen und besonders P_2O_5 sehr arm sind. Bei Düngung mit PN und mit P haben wir auf allen Böden ohne Ausnahme gute Übereinstimmung der geernteten und berechneten Erträge. Das Gesetz in unveränderter Form gilt also nur für die Böden, die mittlere oder höhere Fruchtbarkeit besitzen. Um die Böden mit geringerer Fruchtbarkeit mit ihm zu erfassen, muß man die Gleichung umformen oder erweitern; aber es bedarf noch mancher theoretischer Vorarbeit und exakter Versuche um endgültige Formulierung des Gesetzes zu geben.

Vorläufig möchte ich eine solche Gleichung als ganz provisorische aufstellen:

$$y = A\alpha (1 - 10^{-cx}) \beta (1 - 10^{-c_1x_1}) \dots \lambda (1 - 10^{-c_nx_n}).$$

In dieser Gleichung haben wir neue Faktoren: α, \dots, λ eingeführt. Die Faktoren sind gleich oder größer als 1. α wird gleich 1, wenn wir

in der Gleichung nur mit einem Wachstumsfaktor zu tun haben. In diesem Falle bleibt die BAULE'sche Gleichung eigentlich unverändert und man kann sie ohne Faktor schreiben. Der Wert der Ergänzungsfaktoren hängt von der Größe des entsprechenden Wachstumsfaktors ab, je kleiner der letztere ist, desto größer wird der Wert des Ergänzungsfaktors.

Die hier vorgeschlagene Änderung der Gleichung erinnert an die Änderung des BOYLE-MARIOTTI'schen Gesetzes durch die Gleichung von VAN DER WAALS. Wie das BOYLE-MARIOTTI'sche Gesetz das Gebiet der stark komprimierten Gase nicht umfassen kann, ebenso ist die ungeänderte Form der BAULE'schen Gleichung bei niedriger Fruchtbarkeit, d. h. bei schwacher Konzentration der Nährstoffe, nicht imstande, übereinstimmende Resultate zu geben.

In unseren Untersuchungen hat es sich erwiesen, daß beim Gesamtertrage von Hafer und Gerste unter 20 dz/ha die ungeänderte BAULE'sche Gleichung keine befriedigenden Ergebnisse liefert. Über diese Grenze gibt die Gleichung von 80—90 % der untersuchten Erträge vollkommen für die Praxis genügende Resultate.

III. Inwieweit sind Ergebnisse der Gefäßversuche nach MITSCHERLICH's Methode für Feldbedingungen gültig?

Mit Hilfe der unveränderten Gleichung von BAULE haben wir auf Grund der Resultate der Gefäßversuche und des Ertrages der ungedüngten Feldparzelle den Wert des Höchstertrages für Feldbedingungen festgestellt. Weiter haben wir unter Berücksichtigung der im Boden vorhandenen Nährstoffmengen „b“ und des Höchstertrages A die Felderträge für gegebenen Dünger ausgerechnet. In 8 Feldversuchen mit K_2O zu Hafer beim Werte $c = 0,93$ haben wir folgenden Grad der Übereinstimmung.

Der geerntete Ertrag	Der berechnete in dz/ha	Differenz	
50,2	49,2	-1,0	Die kleinste Abweichung
37,1	37,7	+0,6	
58,0	59,8	+1,8	
34,1	31,5	-2,5	Die größte Abweichung.

Ebenso gute Übereinstimmung haben wir für PK; bei PKN war die Übereinstimmung nicht so gut, aber hier war starke Lagerung.

Bei einer Genauigkeit von 10 % — was für die landwirtschaftliche Praxis genügen dürfte — waren von 54 analysierten Fällen der Hafer-Felderträge bei 30 die geernteten und berechneten Erträge gleich, bei 14 die geernteten größer als die berechneten, und bei 7 Fällen war die Lagerung; nur in 3 Fällen war der berechnete Ertrag größer als der geerntete. Das ist der beste Beweis, daß die Methode wertvolle Ergebnisse der Praxis geben kann.

Auf Grund des Gefäßversuches und des Ertrages der Feldparzelle ohne Düngung kann man die Prognose über die Rentabilität der Düngung einstellen. Hier haben wir zuerst den Mehrertrag ermittelt, welcher durch eine bestimmte Düngung im Felde zu erzielen war, und welcher, um die Düngungskosten zu decken, notwendig war. Aber solche Auswertung der

Ergebnisse war nur da möglich, wo der gesamte Feldertrag ohne Düngung größer war als 20 dz/ha.

Beim Hafer haben wir 32 Erträge von verschiedenen Bodenarten untersucht und in 29 Fällen hat sich die Prognose mit Genauigkeit, auf 10% abgerundet, gerechtfertigt.

Bei Gerste waren von 20 Analysen nur in 2 Fällen keine befriedigenden Resultate festzustellen.

Diese Ergebnisse zeigen deutlich, daß die MITSCHERLICH-Methode bei mittlerer und höherer Fruchtbarkeit des Bodens das Düngerbedürfnis ohne Feldversuch mit Wahrscheinlichkeit in 80—90% der Fälle zu bestimmen gestattet.

Unsere Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Diese Mitteilung ist nur eine vorläufige, aber unsere Versuche der beiden Jahre zeigen schon jetzt ganz deutlich:

1. Die MITSCHERLICH-Methode kann dem praktischen Landwirt den besten und sichersten Rat über Düngungsfragen geben.

2. Die Wirkungswerte der geprüften Wachstumsfaktoren (N und P_2O_5) waren in unseren Versuchen für Hafer, Gerste und Senf auf 15 verschiedenen Bodenarten dieselben und von der Größe, die MITSCHERLICH angegeben hat: c von N=1,222 dz/ha und c von P_2O_5 =0,60.

3. Hafer und Senf können gleichfalls als Indikatoren des Düngerbedürfnisses des Bodens gebraucht werden.

4. Die Methode gibt wenig befriedigende Ergebnisse für arme, stark ausgenutzte Böden, deren gesamte Getreideerträge unter 20 dz/ha liegen.

5. Besonders wertvoll ist die weitere Entwicklung der MITSCHERLICH-Theorie in den Richtungen:

a) exakterer Formulierung der Gleichung von BAULE,

b) Erfassung der Ertragsdepression und

c) der Grundlage für den Wert des Faktors, mit dem b bei Übertragung auf das Feld zu multiplizieren ist.

Für die letzte Frage ist von besonderer Wichtigkeit die vergleichende Untersuchung verschiedener Bodenarten.

Eine Diskussion darüber fand nicht statt.

PUNKT V DER TAGESORDNUNG: BODENREAKTION UND PFLANZENSCHÄDLINGE

(Referate liegen nicht vor.)

Prof. Dr. SAIDEL da Wortmeldungen nicht vorliegen, können wir zum nächsten Punkt übergehen:

PUNKT VI DER TAGESORDNUNG: EINFLUSS DER BODENBEARBEITUNG AUF DEN PFLANZENERTRAG

ÜBER DEN EINFLUSS DER BODENBEDECKUNG

Von Dr. TORSTENSSON-Knifsta (Schweden)

In früheren Zeiten spielte bei uns in Schweden die Methode der Bodenbedeckung mit Stroh zu Erbsen eine gewisse praktische Rolle. Dies Verfahren wurde in der derzeitigen Fachliteratur empfohlen und ältere Landwirte wissen heute noch von der praktischen Durchführung des Verfahrens zu berichten. Irgendwelche Versuche mit einer derartigen Bodenbedeckung sind seinerzeit meines Wissens nicht ausgeführt worden.

Die Methode kam aber allmählich außer Mode und erst in den letzten Jahren wurde die Frage der Bodenbedeckung bei uns wieder aktuell. Man hat nämlich durch derartige Bodenbedeckung mit Kartoffelkraut, Stroh, Dreschabfälle usw. auf Grünland, speziell Dauerweiden, sehr gute Ergebnisse erzielt. Einen orientierenden Versuch mit Strohbedeckung zu Erbsen, den ich im Jahre 1927 ausführte, ergab auch sehr interessante Resultate, und ermutigte mich im vorigen Jahre (1928) diese Versuche zu dieser Frage auf breitere Basis zu stellen. Es interessierte mich vor allem zu studieren, wie die Bodenbedeckung wirkte, also worauf eine eventuelle Ertragssteigerung zurückzuführen sei. Zu diesem Zwecke führte ich 19 Feldversuche mit Strohbedeckung durch, an denen ich eine Reihe von Detailuntersuchungen vornahm, auf die ich später zurückkommen werde.

Weiter war es mir dank Entgegenkommens des Herrn Direktor ELOFSSON, Chef des schwedischen Reichsvereins für Wiesen- und Weidenbau, möglich, in Zusammenarbeit mit genannter Institution, die Wirkung der Bodenbedeckung speziell auf Grünland eingehend zu studieren.

Im laufenden Jahre haben wir unsere Arbeit auf diesem Gebiete fortgesetzt, so daß wir jetzt im ganzen 30 Bodenbedeckungsversuche haben.

Der älteste Versuch mit Bodenbedeckung, der mir bekannt ist, wurde im Jahre 1856 von LAWES und GILBERT (13) bei Rothamsted in England angelegt und während 41 Jahre durchgeführt. Bei demselben wurde Weizenstroh als Deckmaterial zu Grünland benutzt. Auch WOLLNY (22) führte in Deutschland ähnliche Versuche aus, wobei er Kartoffelkraut, Erbsen- und Bohnenstroh auf Grasland legte.

Obwohl die Bodenbedeckung in den beiden erwähnten Versuchen recht erhebliche Mehrerträge gegeben hatte, fand die Methode doch wenig Beachtung. Das rege Interesse für diese Frage, das wir in den letzten Jahren zu verzeichnen haben, stammt aus wesentlich jüngeren Zeiten. Im Jahre 1914 wurden auf Hawaii Versuche gemacht, um das Unkraut durch Bedeckung des Bodens mit imprägnierter Pappe niederzuhalten (18). Dies gelang sehr gut und außerdem bewirkte die Pappbedeckung einen höheren Ertrag. Diese Methode fand sehr bald eine große praktische Bedeutung, und heute werden auf Hawaii erhebliche Flächen Zuckerrohr und Ananas unter derartiger Pappe angebaut. Auch in Amerika und andernorts wurde die Pappbedeckung zu gewissen Spezialkulturen benutzt.

Hier in Europa haben u. a. KASERER-Wien (12), HEINE-Berlin-Dahlem (10), VON WRANGELL-Hohenheim (23), VOGEL-Weihenstephan (21), MOSIG-Tschechnitz (15), APSITS-Riga (2) und DAHL-Alnarp (Schweden) (4) Versuche mit Pappe als Deckmaterial ausgeführt. Außerdem hat in den letzten Jahren, wie bereits erwähnt, die Methode, Grasländereien mit Stroh und dergleichen zu bedecken eine praktische Bedeutung gefunden. FALKE-Leipzig (6) berichtet über wesentliche Mehrerträge durch Bedeckung mit Kartoffelkraut, und auch in Dänemark sowie in Schweden hat man hiermit sehr gute Erfolge erzielt (20).

Bei unseren eigenen Versuchen zeigte es sich, daß der Erfolg des Bedeckens von Witterung, Boden und der betreffenden Frucht abhängig war. Wir haben es hier mit sehr verwickelten Dingen zu tun, und um etwas Klarheit in der Frage zu bekommen wie die Bedeckung wirkt, haben wir neben den gewöhnlichen Ertragsfeststellungen auch eine Reihe von Detailuntersuchungen ausgeführt. Diese Untersuchungen sind zwar erst im Anfangsstadium, aber wir haben die Frage dadurch zu fördern geglaubt, daß wir einmal die vorliegende Literatur zusammenstellen und im Anschluß daran unsere eigenen Befunde erörtern.

Wenn wir uns darüber klar werden wollen, wie eine Bodenbedeckung wirkt, müssen wir die Wirkung in eine chemische, physikalische und biologische zergliedern.

Wir wenden uns dann zuerst der chemischen Einwirkung zu. Die Pappe dürfte im allgemeinen vom chemischen Standpunkt aus ziemlich indifferent sein. Es gibt zwar Beispiele, wo eine ungeeignete Pappsorte direkt pflanzenschädlich gewirkt hat, oder, wie APSITS (2) berichtet, eine gewisse Pappsorte einen Krankheitsbefall vermindern konnte.

Beim Bedecken des Bodens mit Stroh, Kartoffelkraut und dergleichen und vor allem mit Mist oder Tang dürfte dem Deckmaterial eine gewisse düngende Wirkung zuzusprechen sein. LAWES und GILBERT sowie WOLLNY schreiben diesem Umstand eine große Bedeutung bei. Irgendwelche Untersuchungen hierüber haben die genannten Forscher jedoch nicht angestellt. Ich selbst habe diese Frage einer orientierenden Untersuchung unterworfen und glaube auf Grund der hierbei gewonnenen Resultate sagen zu können, daß die düngende Wirkung des Weizenstrohs in den Mengen, wie es in unseren Versuchen benutzt wird (4 t pro Hektar) ohne Belang ist. Daß beim wiederholtem Bedecken der durch das verwesende Stroh gebildeten Humusschicht eine gewisse Rolle als Dünger zuzusprechen ist, soll damit nicht bestritten werden.

Eine andere chemische Frage ist die eventuelle Einwirkung der Deckschicht auf die Bodenreaktion. BEAUMONT und Mitarbeiter (3) der Massachusett-Versuchsstation haben diese Frage bei Bodenbedeckung mit Weizenstroh untersucht. Hierbei zeigte es sich, daß die Bedeckung die Bodenreaktion um etwa eine pH-Einheit herabsetzte. Hierzu sei jedoch bemerkt, daß dieser Versuch sehr wesentlich von sonstigen Bodenbedeckungsversuchen abweicht. Es wurde mit sehr großen Strohmenngen auf ungepflanztem Boden gearbeitet und das Stroh wurde jährlich untergepflügt.

Bei den Untersuchungen, die wir selbst angestellt haben, konnte keinerlei Beeinflussung der Bodenreaktion durch eine Strohbedeckung festgestellt werden.

Gehen wir dann zu der physikalischen Einwirkung der Bodenbedeckung über, so müssen wir hier Bodenfeuchtigkeit, Temperatur und Bodenstruktur berücksichtigen.

Die meisten Forscher, die auf diesem Gebiete gearbeitet haben, messen der Einwirkung der Deckschicht auf die Bodenfeuchtigkeit eine große Bedeutung bei. So fand ESER (5) eine Wasserverdunstung von unbedeckten Boden = 100

von einem Boden unter 0,5 cm Strohdecke	= 41,7
" " " " 2,5 " "	= 18,1.

HELBIG und RÖSSLER (11) fanden eine Wasserverdunstung auf einem Boden, der mit eine 5 cm dicke Laubschicht versehen war, von 70,1—76,4, wenn die Verdunstung auf unbedecktem Boden gleich 100 gesetzt wurde.

In den vorher erwähnten Versuchen von BEAUMONT und Mitarbeiter war der Wassergehalt des Bodens:

	1925	1926
Unter Stroh	27,9%	28,0%
ohne Stroh	24,0 "	23,8 "

VOGEL stellte bei seinen Pappbedeckungsversuchen einen Wassergehalt des Bodens von 11,4% ohne Pappe und 14,4% mit Pappe fest.

Fast alle Forscher führen die Feuchtigkeitsbewahrende Fähigkeit der Deckschicht an, ohne jedoch im allgemeinen irgendwelche Daten anzugeben.

ALBRECHT-Missouri (1) macht eine Ausnahme hiervon. Er dürfte über das größte Analysenmaterial auf diesem Gebiete verfügen, auf das ich später zurückkommen werde.

Wir haben uns auch während 3 Jahre mit dieser Frage befaßt. 1927 machten wir nur einige Untersuchungen (19). Diese ergaben:

	Wassergehalt des Bodens in %		
Mit Stroh bedeckt	33,5	31,5	26,5
Unbedeckt	27,2	27,8	23,3

Im Jahre 1928 führten wir derartige Bestimmungen über die Bodenfeuchtigkeit in zwei Versuchen durch. In einem Versuche auf Grasland erhielten wir dabei folgende Werte:

Wassergehalt des Bodens in ‰

Tag	Bodenprobe aus cm Tiefe	Unbedeckt	Stroh	Kartoffelkraut	Stallmist
4. 5.	0—20	22,2	21,3	21,9	20,9
	20—40	26,1	27,4	22,8	21,4
23. 5.	0—20	20,4	25,9	23,0	30,0
	20—40	21,9	25,6	23,1	30,0
	40—60	27,6	29,0	32,6	31,7
14. 7.	0—20	13,9	17,8	17,8	17,1
	20—40	17,1	19,7	19,4	18,7
	40—60	20,4	24,6	22,8	24,2
29. 8.	0—5	22,6	26,5	—	—
9. 10.	0—5	18,8	23,4	—	—

Untersuchungen in einem Versuche zu Erbsen ergaben:

Wassergehalt des Bodens in ‰

Tag	Bodenprobe in cm Tiefe	Unbedeckt	Stroh
25. 5.	0—20	15,9	20,0
	20—40	20,0	20,2
	40—60	20,0	21,0
4. 7.	0—20	16,5	19,5
	10—40	14,8	14,8
	40—61	17,3	17,3
16. 7.	0—20	10,8	15,2
	20—40	15,9	17,2
	40—60	19,1	19,0

Im laufenden Sommer haben wir bis jetzt rund 130 Bestimmungen der Bodenfeuchtigkeit an unseren Bodenbedeckungsversuchen gemacht, die eindeutig zeigen, daß ein Bedecken des Bodens mit Stroh oder Pappe die Bodenfeuchtigkeit erhöht. Diese Wirkung der Bodenbedeckung ist ohne Zweifel von allergrößter praktischer Bedeutung. Unsere Feldversuche haben ebenfalls gezeigt, daß die Bodenbedeckung in erster Linie in trockenen Jahren und auf trockenen Böden zur Geltung kommt.

Wir kommen nun zu der Einwirkung der Bodenbedeckung auf die Temperatur. Schon WOLLNY hat dieser Frage seine Aufmerksamkeit gewidmet und hat festgestellt, daß die Bodenbedeckung ausgleichend auf die Bodentemperatur wirkt. Der bedeckte Boden war im Winter nicht so kalt wie der unbedeckte, und weiter war die Differenz zwischen Maximum und Minimum unter der Deckschicht geringer.

ALBRECHT hat in seinen vorher angedeuteten Versuchen auch die Temperaturverhältnisse studiert. In einem Falle fand er eine mittlere Temperatur von:

24,6° C	bei einer Strohecke von 6 ton pro acre
25,5° C	" " " " 2 " " "
27,8° C	unbedecktem Boden.

In einem anderen Versuche war die mittlere Temperatur bei bedecktem Boden (8 t pro acre) 25,35° C und bei unbedecktem 33,06° C.

In den angeführten Fällen hat also eine Strohecke die Bodentemperatur herabgesetzt. Das ist, wie wir gleich sehen werden, bei unseren eigenen Untersuchungen auch der Fall und mir sind keine Untersuchungen, wobei Stroh als Deckmaterial benutzt wurde, bekannt, die etwas anderes gezeigt haben.

Dagegen ergaben die Untersuchungen auf Hawaii eine höhere Bodentemperatur unter der Pappe. Dasselbe konnte auch SHAW (16) an der Versuchsstation Berkely (Californien) feststellen, wogegen SMITH (12) in Davis eine niedrigere Bodentemperatur unter der Pappe fand.

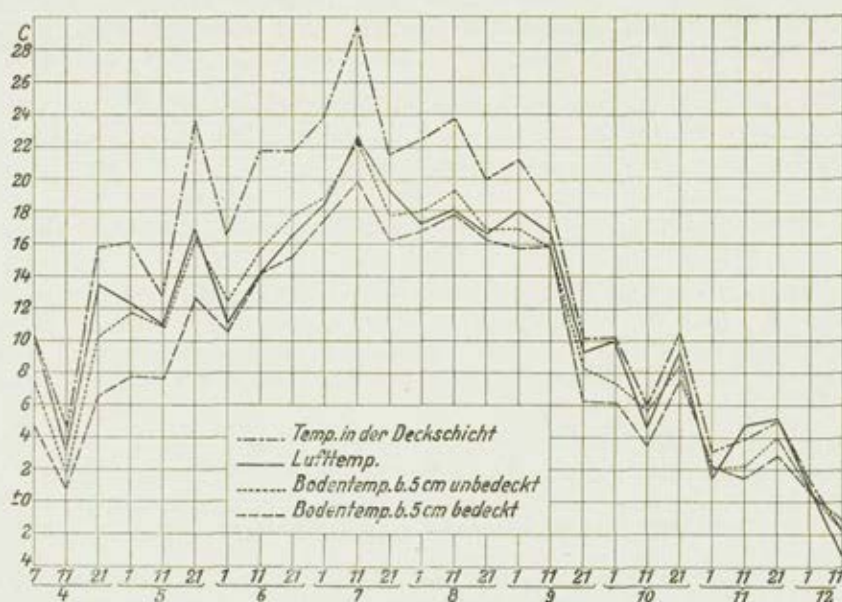
HEINE-Berlin-Dahlem hat auch die Bodentemperatur unter der Pappe untersucht, konnte aber keinerlei Unterschiede finden. VON WRANGELL führt in ihren Berichten an, daß die Pappe die Bodentemperatur erhöht hat. Auf meine Anfrage hin teilte sie jedoch mit, daß sie die Frage nicht näher untersucht hat, sondern sich lediglich auf die Ergebnisse von Hawaii und Berkely stützt.

Wir selbst verfügen jetzt über ein ziemlich großes Zahlenmaterial auf diesem Gebiete. Unsere ersten Beobachtungen stammen von einem Erbsenversuch aus dem Jahre 1927 und umfaßt die Zeit vom 8. 6. bis 26. 7. Wenn wir die täglichen Ablesungen der Bodentemperatur (in 5 cm Tiefe) in 4 Perioden je 11 Tage zusammenfassen, ergibt sich folgendes Bild:

	Bodentemperatur in °C:			
Bedeckten Boden	15,0	15,2	19,4	20,4
Unbedeckten Boden	20,1	18,3	26,9	23,9

Im vorigen Jahre haben wir diese Untersuchungen wesentlich erweitert. Das ganze Material umfaßte rund 7000 Ablesungen und ist infolgedessen zu groß um hier angeführt zu werden. Um jedoch ein Bild von den Temperaturverhältnissen geben zu können, habe ich in Figur 17 eine Zusammenstellung gemacht. Ich habe dort den Durchschnittswert der täglichen Ablesungen für 10 tägige Perioden angegeben, und mich auf Lufttemperatur, Temperatur in der Strohschicht und Bodentemperatur bei 5 cm Tiefe in bedecktem und unbedecktem Boden beschränkt.

Wenn wir uns die verschiedenen Temperaturkurven etwas näher ansehen, finden wir, daß die Temperatur in der Strohecke den ganzen Sommer hindurch höher liegt als die Lufttemperatur. Dieser Umstand ist



Figur 17

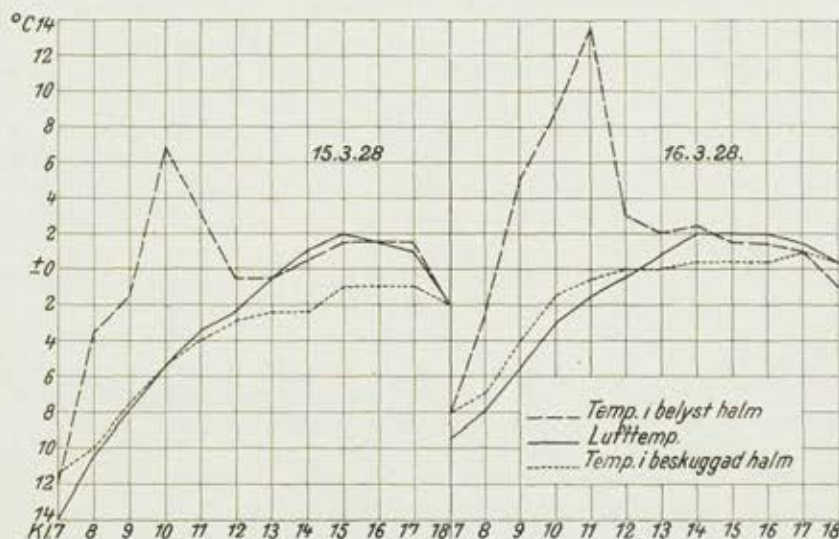
sicher von allergrößter praktischer Bedeutung, und wenn HALL (9) in seinem Bericht über LAWES' und GILBERT's Versuch von einer schützenden Einwirkung der Deckschicht auf die jungen Pflänzchen spricht, dürfte die Erklärung gerade in der höheren Temperatur der Deckschicht zu suchen sein.

FIRBAS-Prag (7) hat darauf aufmerksam gemacht, daß Pflanzenreste, Laub usw. in der Natur (englisch: fag, schwedisch: förna) ähnliche Verhältnisse hervorrufen. Auch hier ist die Temperatur in der von ihr gebildeten Deckschicht auffallend hoch. Ich gestatte mir, einige Daten aus seinen sehr interessanten Feststellungen anzuführen.

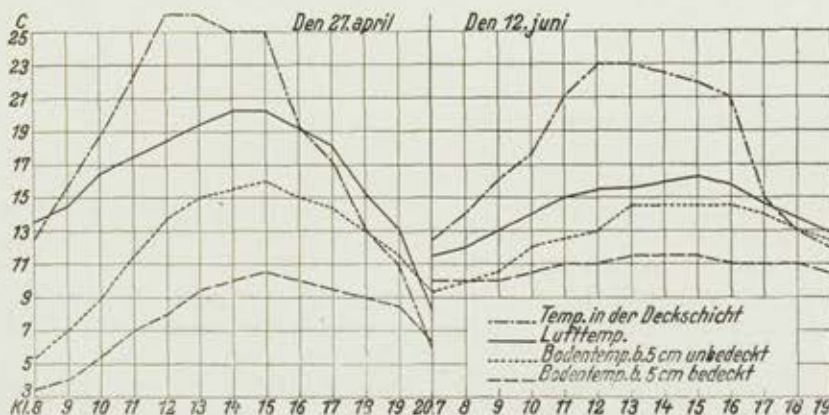
Temperaturverhältnisse in Pflanzenassoziationen nach FIRBAS.

I. a)	Lufttemperatur	1,00 m	über mit Laub bedecktem Boden	8,5 °C
	Lufttemperatur	0,30 "	über mit Laub bedecktem Boden	11,3 "
	Temperatur	0,02 "	in einer Laubdecke	21,0 "
	Bodentemperatur	0,01 "	im Boden unter 5 cm Laubdecke	10,4 "
b)	Lufttemperatur	1,00 "	über dem Boden	15,9 "
	Lufttemperatur	0,30 "	über dem Boden	18,5 "
	Temperatur	0,02 "	in einer Laubdecke	41,8 "
	Temperatur	0,03 "	in einer Laubdecke	26,7 "
	Bodentemperatur	0,01 "	im Boden unter 6 cm Laubdecke	12,4 "
	Bodentemperatur	0,01 "	in trockenem unbewachsenem Boden	24,8 "
II.	Lufttemperatur	2,00 "	über dem Boden	21,6 "
	Lufttemperatur	0,30 "	über dem Boden	23,5 "
	Temperatur	0,01 "	in einer Laubdecke	42,9 "
	Bodentemperatur	0,01 "	im Boden unter 3 cm Laubdecke	19,9 "
	Bodentemperatur	0,01 "	in unbewachsenem Boden	29,9 "

Die Deckschicht bedingt scheinbar eine Stagnierung der in ihr eingeschlossenen Luft und wirkt somit Wärme akkumulierend. Es ist sehr interessant zu sehen, wie die Temperatur der Deckschicht von der direkten Isolation abhängt. In Figur 18 habe ich einige Daten hierüber angegeben. Die volle Linie gibt die Lufttemperatur wieder. Die gebrochene Linie zeigt die Temperatur einer Strohecke, die zwischen 8 und 11³⁰ Uhr für direkte Sonnenstrahlung ausgesetzt war, und die punktierte Linie gibt schließlich die Temperatur einer Strohseiche wieder, die ganz im Schatten gelegen hat. Auch die Figur 19, welche die stündlichen Temperaturablesungen eines Graslandversuches wiedergibt, zeigt die höhere Temperatur der Deckschicht.



Figur 18



Figur 19

Wir wenden uns der Bodentemperatur zu. Sowohl aus Figur 17 wie 19 ist ersichtlich, daß die Strohbedeckung die Bodentemperatur herabgesetzt hat. Weiter ist von Interesse festzustellen, daß die Bedeckung ausgleichend auf die Temperatur wirkt und daß die Temperatur der unbedeckten Parzellen zeitweise die Lufttemperatur überragt, was wir bei bedecktem Boden nur im Herbst und Winter beobachten konnten.

Wir haben auch die Temperaturverhältnisse bei Bedeckung des Bodens mit Pappe untersucht. Dabei zeigt es sich, daß die Temperatur direkt unter der Pappe im allgemeinen höher war als die Lufttemperatur, oder ungefähr wie die der Strohecke. Die Bodentemperatur unter der Pappe verhielt sich ebenfalls wie bei mit Stroh bedecktem Boden, d. h. der mit Pappe bedeckte Boden zeigte eine niedrigere Temperatur als der unbedeckte.

Wir kommen zu der Frage, wodurch die niedrigere Temperatur des bedeckten Bodens hervorgerufen wird. Hier müssen wir mit verschiedenen Faktoren rechnen. Teils haben wir eine geringere Isolation, die aber durch eine ebenfalls geringere Ausstrahlung zum Teil wieder aufgehoben wird. Der Hauptgrund dürfte in dem höheren Wassergehalt des bedeckten Bodens liegen, und bereits WOLLNY hat festgestellt, daß in den warmen Jahreszeiten die Bodentemperatur desto höher ist, je weniger der Wassergehalt des Bodens ausmacht.

Nach dieser Übersicht der Bodenfeuchtigkeit und Temperaturverhältnisse bei der Bodenbedeckung wollen wir ganz kurz auch die Bodenstruktur besprechen.

VON WRANGELL führt an, daß durch Bedeckung mit Dachpappe die Krümelstruktur des Bodens und die Gare während der ganzen Wachstumszeit erhalten bleibt. Die Bedeckung sollte demnach die Strukturverhältnisse des Bodens verbessern. Irgendwelche Untersuchungen als Grund für diese Behauptungen liegen jedoch nicht vor, sondern sie stützen sich lediglich auf Beobachtungen bei der Bodenbearbeitung.

ALBRECHT wiederum vertritt die entgegengesetzte Ansicht. Er meint, daß die Strohbedeckung die Strukturverhältnisse des Bodens verschlechtert und geht soweit, daß er zum Teil diese Verschlechterung der Bodenstruktur für die verminderte NO_3 -Produktion verantwortlich macht. Auf welche Untersuchungen er sich dabei stützt, geht leider nicht aus seinen Veröffentlichungen hervor.

Wir selbst haben uns auch etwas mit dieser Frage beschäftigt, und unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß wir es hier mit ganz verwickelten Verhältnissen zu tun haben. Wie die Bodenbedeckung die Strukturverhältnisse des Bodens beeinflußt, scheint von der Beschaffenheit des Bodens und dem relativen Wassergehalt derselben abzuhängen. Höchstwahrscheinlich haben wir hier eine Gesetzmäßigkeit, aber unser Zahlenmaterial ist noch zu klein, um vorgelegt zu werden.

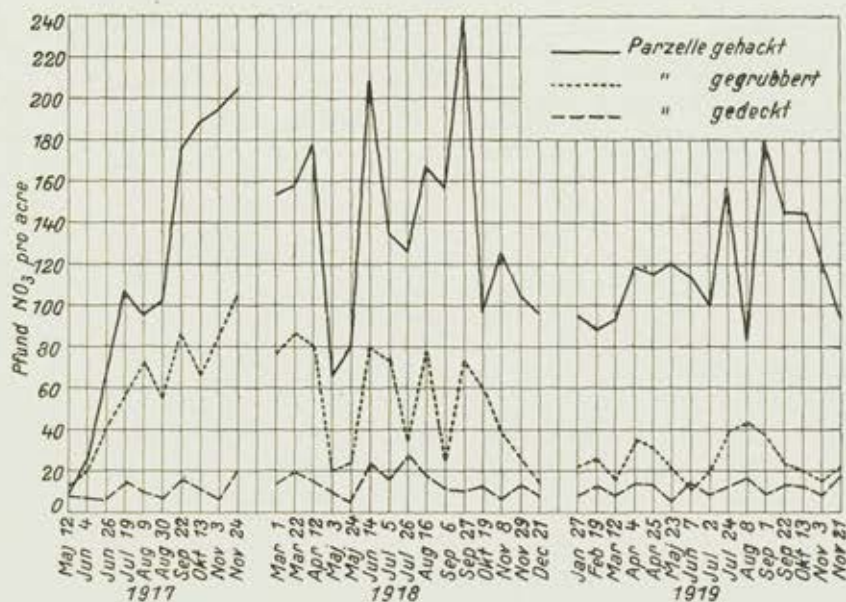
Nachdem wir den Einfluß der Bodenbedeckung auf die chemischen und physikalischen Verhältnisse des Bodens erörtert haben, wollen wir auch die eventuelle biologische Veränderung ganz kurz streifen. Wir haben da in erster Linie die Nitrat- und Kohlensäureproduktion zu berücksichtigen.

Wenn wir uns zuerst der Nitratproduktion zuwenden, finden wir in der betreffenden Literatur oft die Ansicht vertreten, daß die Bodenbe-

deckung die biologischen Verhältnisse des Bodens, zumal die NO_3 -Produktion erheblich verbessert. Es handelt sich hierbei jedoch fast nur um reine Annahmen, ohne irgendwelche Beweise.

NO_3 -Gehalt in gedeckten und ungedeckten Böden

(nach ALBRECHT)



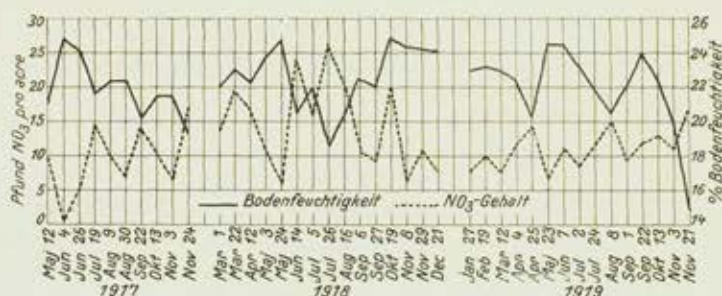
Figur 20

ALBRECHT hat diese Frage eingehend untersucht und kam dabei zu ganz anderen Ergebnissen. Wie aus Figur 20 ersichtlich, erzielte er die höchste NO_3 -Produktion auf den gehackten Parzellen und die kleinste auf den bedeckten. Die kultivierten nahmen eine Zwischenstellung ein. Die Strohbedeckung auf ungepflanztem Boden hatte also die NO_3 -Produktion herabgesetzt. Die Erklärung für diese Tatsache sieht ALBRECHT in der ungünstigen Bodenstruktur unter der Strohecke, wodurch die Durchlüftung des Bodens verschlechtert wird. Er weist aber darauf hin, daß die hohe Bodenfeuchtigkeit unter der Strohecke die NO_3 -Bildung ungünstig beeinflusst hatte, was aus der Figur näher hervorgeht.

Aus diesen Kurven sollte man die Schlußfolgerung ziehen können, daß eine Bodenbedeckung die NO_3 -Bildung herabsetzt, und daß dies durch die höhere Bodenfeuchtigkeit unter der Decke begründet sein sollte. Ganz so einfach liegen die Verhältnisse jedoch nicht.

NO_3 -Gehalt und Bodenfeuchtigkeit in mit Stroh bedeckten Parzellen

(nach ALBRECHT)



Figur 21

Wir wissen, daß die NO_3 -Bildung im Boden in hohem Grade vom Wassergehalt des Bodens abhängt. Hierfür ist jedoch nicht, wie man früher annahm, der absolute Wassergehalt maßgebend, sondern der relative. Früher meinte man, daß das Optimum der Nitrifikation bei etwa 15–20 % Wassergehalt des Bodens lag. Heute wissen wir, daß das Optimum bei etwa 60 % der maximalen Wasserkapazität des Bodens liegt. Folgende Untersuchung von GREAVERS und CARTER (8) dürfte dies veranschaulichen:

Maximale Wasserkapazität %	Relative NO_3 -Produktion
10	11,0
20	16,9
30	30,7
40	61,9
50	85,9
60	100,0
70	36,6
80	9,9

Ob eine Bodenbedeckung die NO_3 -Bildung eines Bodens erhöht oder herabsetzt, hängt demnach davon ab, wie hoch der relative Wassergehalt des Bodens ist. Decke ich einen Boden, der einen Wassergehalt von, sagen wir, 40 % der maximalen Wasserkapazität aufweist, und die Deckschicht erhöht die Bodenfeuchtigkeit zu 60 % der maximalen Kapazität, so dürften wir eine gesteigerte NO_3 -Bildung erwarten. Enthielt der Boden dagegen bereits 60 % und würde sein relativer Wassergehalt durch die Bedeckung auf 70 oder 80 % erhöht, so würde dies eine verminderte NO_3 -Bildung zur Folge haben.

Diese Gesetzmäßigkeit wird aber dadurch gestört, daß die Bedeckung auch die Bodentemperatur und die Durchlüftung des Bodens beeinflußt, beides Faktoren, die von größter Wichtigkeit für die NO_3 -Bildung des Bodens sind. Bedenken wir weiter, daß das Bild auch durch die ver-

schiedene NO_3 -Assimilation der ungleich entwickelten Pflanzenbestände manchmal ganz erheblich gestört werden kann, so muß einleuchten, daß hier sehr verwickelte Verhältnisse vorliegen.

Unsere eigenen Untersuchungen, von denen ich hier ein kleines Beispiel gebe, haben dies auch voll und ganz bestätigt.

**NO_3 -Gehalt (mg pro kg Boden) in einem Bodenbedeckungsversuch
auf Dauerweide, 1928.**

Tag	Tiefe cm	unbedeckt	Stroh	Kartoffelkraut	Stallmist
4. 5.	0,20	19,22	19,22	3,83	7,58
	20,40	16,22	16,22	1,93	5,72
23. 5.	0,20	1,88	1,88	5,83	6,41
	20,40	7,67	7,67	1,95	6,41
	40,60	6,20	6,20	2,22	6,59
26. 6.	0,05	2,00	2,00		
29. 6.	0,05	Spuren	Spuren		
14. 7.	0,20	3,48	1,83	1,83	1,81
	20,40	3,69	1,87	1,86	1,85
	40,60	3,76	1,99	3,79	3,96
29. 8.	0,05	2,06	2,04		

Weiter sei noch unter diesem Abschnitt erwähnt, daß wir in Übereinstimmung mit ALBRECHT einen auffallend hohen Ammoniakgehalt in den bedeckten Parzellen nachweisen konnten.

Über die Rolle, die die Bodenbedeckung für die Kohlensäureproduktion des Bodens spielt, wissen wir eigentlich garnichts. VON WRANGELL führt zwar an, daß der Kohlensäurehaushalt durch die Bedeckung günstig beeinflusst wird. Irgendwelche Untersuchungen hierüber liegen jedoch nicht vor.

Dagegen wissen wir durch die Arbeiten von LUNDEGARDH (14) u. a., daß die Kohlensäureproduktion des Bodens in hohem Maße von der Bodenfeuchtigkeit, Durchlüftung des Bodens und Bodentemperatur abhängt. Wie aber diese 3 Faktoren sich gegenseitig beeinflussen, muß durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

Leider gestattet die Zeit nicht, auf die sehr interessante Frage einzugehen, wie die Bedeckung auf die Vegetation wirkt. Ich will nur andeutungsweise erwähnen, daß z. B. VON WRANGELL bei Melonen und Artischocken unter Pappe eine viel schnellere Entwicklung und Reife feststellen konnte. VOGEL kam zu ähnlichen Ergebnissen bei Tomaten.

Bei unseren Strohbdeckungsversuchen dagegen konnten wir zwar im allgemeinen eine schnellere Entwicklung in der ersten Vegetationszeit beobachten, aber die Ernte wurde oft durch die Bedeckung verspätet. Die Farbe war oft heller auf den bedeckten Parzellen, das Wachstum mehr vegetativ betont und das Verhältnis Korn und Stroh weiter.

Die Wirkung der Pappe und des Stroh auf die Vegetation scheint also verschieden zu sein. Zwar haben wir unsere Untersuchungen angenommen, um die bei uns aktuelle Frage der Bodenbedeckung mit Stroh, soweit es uns möglich ist, zu klären, aber ich hoffe, daß es uns möglich sein wird, in einem kommenden Jahre unsere Untersuchungen auch auf vergleichende Vegetationsversuche unter Stroh und Pappe auszudehnen.

LITERATURNACHWEIS

1. ALBRECHT, W. A. Nitrate accumulation under straw mulch. Soil Sc. 14, s. 299.
ALBRECHT, W. A. und UHLAND, R. E. Nitrate accumulation under straw mulch. Soil Sc. 20, s. 253.
2. APSITS, F. Bodenbedeckung zu Mohrrüben. Nedziva sega, Fanmakos Zinas, Riga 1928, 57, s. 5.
3. BEAUMONT, A. B. und Mitarbeiter. Nitrate accumulation under a mulch. Soil Sc. 24, s. 177.
4. DAHL, G. G. Alnarps Trädgårdars försöksverksamhet. Kgl. Lantbruksakademiens Handl. 1928, 7, s. 790.
5. ESER, Forschungen auf dem Gebiete der Agr. Physik, VII, s. 87.
6. FALKE, F. Pflege und Düngung von Höhenwiesen und -weiden. Mitt. d. D. L. G. 1928, 52, s. 1170.
7. FIRBAS, F. Über die Bedeutung des thermischen Verhaltens der Laubstreu. Beiheft zum Bot. Zentralbl. 1927, Abt. II, s. 179.
8. GREAVES und CARTER. Influence of moisture on the bacterial activities. Soil Sc. 10, s. 361.
9. HALL, A. D. The book of the Rothamsted Experiments 1905, s. 165.
10. HEINE. Bodenbedeckungsversuche zu Tomaten. Landw. Jahrb. 1926, Bd. 64, Erg.-Bd. II, s. 43.
11. HELBIG und ROSSLER. Experimentelle Untersuchungen über die Wasserverdunstung. Zs. f. Pflanzenernährung, A. 1922, s. 95.
12. KASERER, H. Versuche über Bodenbedeckung mit Dachpappe zu Tomaten. Fortschritte d. Landw. 1927, 9, s. 625.
13. LAWES und GILBERT. Rothamsted Memoirs on agr. chem. physiology. Vol. II, 1893, Del. I.
14. LUNDEGARDH, H. Der Kreislauf der Kohlensäure. Jena 1923.
15. MOSIG. Einfluß auf das Wachstum von Gräsern durch Bedeckung. 4. Jahresbericht d. Versuchsanst. Tschechnitz.
16. SHAW, C. F. The effect of a paper mulch on soil temperature. Hilgardia 1926, 15 s. 341.
17. SMITH, A. Effect of mulches on soil temperatures. Hilgardia, 1927, 10, s. 385.
18. STEWART, G. R. und Mitarbeiter. Some effect of mulching paper. Soil Sc. 22, s. 33.
19. TORSTENSSON. Försök med halmning av ärter. Lantmannen 1927, s. 1012.
20. TORSTENSSON, G. Om marktäckning o. dess inverkan på jord o. växt lighet. Sv. Betes o. Vallför. årsbok 1929.
21. VOGEL, F. Bodenbedeckungsversuch mit Dachpappe. Landw. Jahrb. f. Bayern, 1929, s. 213.
22. WOLLNY, Ref. Äker o. Äng. 1927, s. 166.
WOLLNY, Ref. VON PITSCH. Die Theorie der Bodenbearbeitung. Dresden 1884.
23. WRANGELL, VON M. V. Ertragsteigende Wirkung der Bodenbedeckung mit Dachpappe. D. L. Presse 1927, s. 367.
WRANGELL, VON M. V. Anwendung der Bodenbedeckungskultur zu Melonen usw. D. L. Presse 1929, s. 169.

Diskussion:

Prof. Dr. SAIDEL: Sie haben durch Ihren Beifall selbst den Dank für den interessanten Vortrag des Herrn Dr. TORSTENSSON ausgesprochen. Ich eröffne die Diskussion zu dieser Frage.

Frau Prof. Dr. ANDRONIKOW-VON WRANGELL: Es hat mich interessiert, die experimentellen und wissenschaftlichen Untersuchungen zu verfolgen, die Herr Dr. TORSTENSSON in Bezug auf Temperatur und Wasser angestellt hat. Ich möchte Ihnen im folgenden mitteilen, unter welchen Gesichtspunkten wir gearbeitet haben.

Wir haben unsere fünfjährigen Versuche nach rein praktischen Gesichtspunkten angestellt; es handelte sich darum, auf kleiner Fläche Früherträge hervorzurufen, die eine höhere Rentabilität gewährleisten. Wir haben also bis jetzt keine oder nur gelegentliche Messungen angestellt und es interessierten mich deshalb die experimentellen Untersuchungen Dr. TORSTENSSON'S. Ich will aber veranschaulichen, daß wir beide unter ganz verschiedenen Bedingungen arbeiteten. Um dies von vornherein an einem krassen Bilde zu erläutern: Herr TORSTENSSON arbeitet unter den kühlen Strohdächern des Nordens und wir unter den Blei- oder Asphaltdächern des Südens.

Wir gehen darauf aus, gutbezahlte Früchte frühzeitig zu erzielen. Bei Feldfrüchten, wie Zuckerrüben und sogar Frühkartoffeln wird sich die Anwendung trotz etwa zweiwöchentlicher Früherernte nicht rentieren, anders bei wertvolleren Früchten, wie z. B. Melonen, die unter unseren klimatischen Verhältnissen im freien Lande überhaupt nicht zur Reife gelangen. Mit Dachpappe-Bedeckung haben wir im vorigen Jahre schon Mitte August schöne reife Früchte geerntet, während wir auf dem unbedeckten Lande erst Ende September, Anfang Oktober einen geringen Ertrag hatten. In diesem Punkte hat sich also die Methode vorzüglich bewährt.

Nun zu den Fragen der Beeinflussung des Bodens. Unter der Dachpappe erwärmt sich der Boden im Frühling unserer Ansicht nach früher, jedenfalls aber haben die Pflanzen auf der Dachpappe eine heiße, Wärme ausstrahlende Unterschicht. Messungen sind bei uns kaum ausgeführt, sie sind nicht ganz einfach und erfordern Spezialapparate und große Sorgfalt. Aber das kalte nasse Jahr 1929, in dem nicht das Wasser, wohl aber die Temperatur im Minimum sich befinden, zeigt uns, daß die Dachpappe wärmeerhöhend wirkt. Auch heuer sind die Melonen auf den bedeckten Parzellen den anderen um etwa 4 Wochen im Wachstum voraus.

Daß die Feuchtigkeit im Boden durch die Bedeckung erhalten wird, darin sind wir uns wohl einig. Im vorigen heißen Jahre haben wir in der Zeit vierwöchentlicher Dürre dies besonders deutlich, ohne Messungen freilich, beobachten können.

Auf unseren schweren Böden ist die Erhaltung der Gare durch die Bedeckung außer jedem Zweifel. Auf den unbedeckten Parzellen wird der Boden verschlemmt und verkrustet, unter der Pappe bleibt er fast unverändert in dem ihm im Frühling verliehenen Krümelzustand.

In Bezug auf die CO₂-Frage liegt ein Mißverständnis Herrn TORSTENSSON'S vor. Wir haben nicht die Gesamtproduktion, d. h. die Entwicklung des CO₂ im Boden als erhöht angesehen, sondern auf die Lokalisierung des CO₂-

Stromes auf die Öffnungen in der Dachpappe hingewiesen, die den CO_2 -Strom unter die Pflanzenblätter lenkt.

Wir erwarten von der Dachpappenbedeckung eine gute Anbaumethode, z. B. für die Siedler in der Umgebung von Berlin; Herr Geheimrat AREBOE empfiehlt dort den Melonen- und Frühlugemüseanbau.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Die Untersuchungen von Herrn Dr. TORSTENSSON und seine Ergebnisse haben mich sehr erfreut. Ich kann sie im ganzen ebenso bestätigen wie die Untersuchungen von Frau Prof. VON WRANGELL. Die Bedeckung bietet eine sichere Isolation für Wasser, Luft und Wärme. Der Boden bleibt zunächst darunter in Garestruktur, was für die Pflanze, für den Ertrag von größter Bedeutung ist. Ein Zusammenschlagen, Verkrusten des Bodens ist ausgeschlossen. Darum bezeichnen wir die Struktur in dieser Form als Schattengare, obwohl es nur eine Erhaltung der Garestruktur ist. Die Feuchtigkeit bleibt dem Boden erhalten; eine Schicht von 1 cm Glasperlen aufgebracht auf Vegetationsgefäße macht die Wasserverdunstung eines mit Wasser gesättigten Sandes so gut wie gleich Null; dadurch, daß den Pflanzen größere Wassermengen zur Verfügung stehen, werden die Erträge höhere. Die Wärme wird ebenso isoliert; die Bodentemperatur folgt bei Strohbedeckung, wie Herr Dr. TORSTENSSON richtig ausgeführt hat, träge nach. Infolgedessen muß die Bodentemperatur unter einer Strohecke niedrig sein. Im Winter und im Frühjahr wird sie wahrscheinlich höher sein. Anders ist es, wenn Sie statt Strohecke Dachpappe nehmen; die Dachpappe ist eine dünne Schicht, und da kommt es nicht nur darauf an, daß die Dachpappe gewissermaßen eine Isolation zwischen Boden und Atmosphäre bildet, sondern die Dachpappe hat infolge der dünnen Schicht eine geringe Wärmekapazität. Außerdem ist sie schwarz und absorbiert stark Wärmestrahlen. Die Folge davon ist, daß diese auf den Boden überstrahlen und der Boden unter Dachpappe wärmer wird als die Luft, und dadurch kommen wir nun zu einer frühzeitigeren Ernte, weil wir nicht nur die Wasserverhältnisse verbessern, sondern weil wir tatsächlich unter der Dachpappe den Boden erwärmen können.

Es lohnte sich vielleicht, wenn auch Herr Kollege TORSTENSSON gerade diese Versuche unter Dachpappe wiederholte und feststellte, wie der Gang der Bodentemperatur direkt unter Dachpappe sich gestaltet; ich glaube, da werden Sie zu etwas anderen Resultaten kommen, als bei der Strohecke.

Dr. ESCHENHAGEN: Ich möchte zu dieser Frage zwei Beobachtungen auf zwei Gütern Pommerns mitteilen. In dem einen Fall zeigten sich in einem Haferfeld in regelmäßigen Abständen „Geilstellen“. Der Besitzer konnte das einwandfrei damit erklären, daß dort die vom Mähdrescher zurückgelassenen Gerstestrohhäufen über Herbst und Winter liegengelassen waren. Im Frühjahr vor der Bestellung wurde das völlig vermorschte Stroh auf dem Felde zerstreut. Eine Nitrifikation scheint in keinem Falle stattgefunden zu haben, wohl aber eine üppige Förderung des Pflanzenwachstums, eventl. nur von Halm und Blatt an den Strohmietenstellen.

Die andere Beobachtung war: In einem Haferfeld, das in Gründüngungslupinen stand, zeigten sich üppige Geilstellen. Auch hier konnte der Be-

sitzer als Ursache die über Herbst und Winter zurückgelassenen Lupinenstrohreste angeben. Wenn man die Parallele zwischen beiden Erscheinungen zieht und sich an die Ansicht von TORSTENSSON hält, wird man bei der zu erwartenden Wirkung von Gründüngung den Gare fördernden Einfluß, z. B. des Lupinenstrohs berücksichtigen müssen. Es ist zu erwägen, ob man die Lupinen bei Absterben des Strohs nicht mit dem Ableger, sondern mit dem Grasmacher zu mähen, um sie dann im Frühjahr unterzupflügen.

Dr. TORSTENSSON: Zum Schluß möchte ich ergänzend hinzufügen, daß ich im vorigen Sommer auch unter Pappe gearbeitet habe und hier Messungen der Temperatur und Feuchtigkeit durchführte. Da lagen die Verhältnisse ebenso wie unter Stroh; aber die Pappdecke wurde erst Mitte Juni angelegt. (Zuruf: Zu spät!) Dann haben wir in diesem Jahre im Frühjahr die Pappe ausgelegt und messen die Temperaturverhältnisse. Die Ergebnisse hiervon liegen leider noch nicht vor.

Prof. Dr. SAIDEL: Es folgt ein Referat von Prof. Dr. A. TJULIN-Perm, das Prof. MITSCHERLICH verlesen wird.

DIE BESTIMMUNG DER POROSITÄT UND KRÜMELSTRUKTUR DES BODENS ALS GEEIGNETES MITTEL ZUR FESTSTELLUNG DES ZUSAMMENHANGES ZWISCHEN BODENBEARBEITUNG UND BODENFRUCHTBARKEIT

Von Prof. Dr. A. TJULIN, Agrikulturchemisches Laboratorium,
Universität, Perm (Rußland)

Es ist unnötig, die Bedeutung der Bodenbearbeitung zur Erlangung der Bodenfruchtbarkeit nachzuweisen. Sie ist allbekannt und unterliegt im allgemeinen keinem Zweifel. Aber, wenn wir gezwungen sind, den quantitativen Zusammenhang zwischen Bodenbearbeitung und Bodenfruchtbarkeit unmittelbar festzustellen, so treffen wir in diesem Falle auf recht große Schwierigkeiten. Allerdings ist in bestimmten Kreisen die Meinung verbreitet, daß die Steigerung des Ernteertrages folgendermaßen von den drei Faktoren abhängt:

1. 50% — von der Anwendung des Düngers,
2. 25% — von der verbesserten Bodenbearbeitung,
3. 25% — von verbesserter Qualität des Samens.

Allein, der quantitative Wert der obenbenannten Faktoren beruht auf allgemeinen Erwägungen, ohne speziell-experimentelle Prüfungen. Doch, wenn dieser quantitative Wert im allgemeinen seine Richtigkeit hätte, so müßte man in jedem einzelnen Falle den quantitativen Einfluß der Bodenbearbeitung

auf den Ernteertrag experimentell feststellen. Eben hier stoßen wir auf Schwierigkeiten, da wir nicht imstande sind, unmittelbar nach dem Ernteertrag, die Bodenbearbeitung als Faktor der Fruchtbarkeit zu werten: in Wirklichkeit gibt es im Freiland sehr viel Wechselfaktoren, von welchen die Ergebnisse des Ertrags abhängig sind. Deshalb suchten die Forscher, angeregt durch die Arbeiten von SCHUHMACHER, WOLLNY u. a., den Wert des günstigen Einflusses der Bodenbearbeitung auf die wichtigsten physikalischen Bodeneigenschaften festzustellen, von denen der Ertrag abhängen soll. Die meisten der Agrikulturphysiker kamen jetzt zum Entschluß, daß die wichtigste Aufgabe der Bodenbearbeitung, wie OTTO HEUSER treffend formuliert, im folgenden besteht:

1. Regulierung der Bodenfeuchtigkeit.
2. Regulierung der Durchlüftung des Bodens.

Um quantitativ und unmittelbar die Fähigkeit des Bodens, betreffs seiner Aufbewahrung von Wasser und Luft in den Poren, zu bestimmen, haben DOJARENKO in Rußland und BÜRGER in der Schweiz, unabhängig voneinander, die gleiche Methode zur Bestimmung kapillarer und nichtkapillarer Hohlräume im Boden vorgeschlagen. Wir werden hier diese Methode nicht näher betrachten, da dieselbe in speziellen Publikationen beschrieben ist. Wir geben nur eine Tabelle: („Journal für Landwirtschafts-Wissen“, russisch 7—8, 1924, S. 468) aus dem Artikel von Prof. DOJARENKO. Diese Tabelle zeigt deutlich, welcher Zusammenhang zwischen Porosität und Kapillarität des Bodens einerseits und dem Ernteertrag andererseits existiert.

	Schlechte Brache (Spätbrache)	Gute Brache (Frühbrache)
	in Mittel	in Mittel
Allgemeine Porosität . .	43,6%	53,8%
nichtkapillare Porosität .	18%	47%
Ernteertrag (Getreide) .	19 dz/ha	28 dz/ha

Allein, diese Methode fand nur in Rußland Anwendung und Verbreitung, wo sie mit großem Erfolg für die Erforschung des Zusammenhangs zwischen verschiedener Art von Bodenbearbeitung und Ernteertrag angewendet wurde. Indem wir der Bodenporosität, welche durch Bearbeitung des Bodens erlangt wird und der Methode, mit deren Hilfe wir die Porosität bestimmen, große Bedeutung zuschreiben, müssen wir darauf hinweisen, daß diese Methode eine sehr wichtige Eigenschaft, nämlich: die Qualität der einzelnen Bodenkrümel nur indirekt berührt. Der eigentlichen Qualität der Krümel, ihrer kolloid-mechanischen Zusammensetzung, wird ungenügende Aufmerksamkeit geschenkt. Was finden wir hier nicht richtig? Bezugnehmend darauf schreibt Prof. DOJARENKO: „Bei der Erforschung der Bodenstruktur zu landwirtschaftlichen Zwecken erscheint es zweckmäßig nicht die Einzelteilchen, welche unendlich verschieden nach ihrer Größe, Form, Zusammensetzung und Lagerung sein können, als maßgebende Größe anzusehen,

sondern für die Bewertung der Struktur nur einige bestimmte physikalisch-mechanische Eigenschaften des gesamten Bodenkomplexes auszuwählen.“ Wie ersichtlich, schenkt Prof. DOJARENKO dem Zusammenhang der Einzelteilchen nicht genügend Aufmerksamkeit, obwohl er an einer Stelle seines Artikels dem Vorhandensein des Stallmistes im Boden eine große Bedeutung zuschreibt. Während dieser Stallmist im Kolloidal-Zustand in einigen Bodenkrümeln vorhanden ist, werden letztere von demselben zementiert. Hier treffen wir bei diesem Forscher einige Widersprüche, die sich wahrscheinlich dadurch erklären lassen, daß die eigentliche Zusammensetzung der Krümel bis jetzt ungenügend erforscht ist. Der Begriff „Struktur“ des Bodens wird von verschiedenen Forschern auf verschiedene Weise erklärt. Oft versteht man unter den Begriff „Struktur“ Einfach-Lagerung der Bodenteilchen. Wir aber verstehen unter der Krümelstruktur die eigentlichen Bodenkrümel (Aggregaten), unabhängig von der dichten oder porösen Lagerung. Es ist viel wichtiger, jedesmal das Verhältnis der Krümel zum Wasser festzustellen, nämlich, ob die Krümel eine bestimmte Form und Größe behalten, oder ob sie im Wasser in feine Teilchen zerfallen. Im ersten Falle sind die Krümel irreversible koaguliert (im Wasser nicht zerstörbar) und werden von uns als „echt“ bezeichnet, im letzteren Falle sind sie reversible koaguliert (zerfallen im Wasser) und werden als „falsch“ bezeichnet. Mit Hilfe der Bearbeitung kann man die Lagerung des Bodens verändern und verbessern, die minimale nichtkapillare Porosität aber, welche die letztere nach dem Setzungsprozeß erreicht, ist wahrscheinlich für jeden Boden eine bestimmte und typische Größe, die von der Menge der im Boden befindlichen Krümel abhängt. Mit großer Bestimmtheit kann man annehmen, daß je weniger echte Krümel im Boden vorhanden sind, desto dichter ist die Lagerung — im feuchten Zustande — nach dem Setzungsprozeß. Wie allbekannt, ist für das Zusammenballen der Einzelteilchen in den echten Krümel ein Klebstoff erforderlich, die Rolle des Klebstoffes spielt hier gewöhnlich der Stallmist oder andere organische Stoffe. Selbstverständlich übt die Bearbeitung einen bestimmten Einfluß auf die Zersetzung des organischen Stoffes aus und fördert die klebende Wirkung des organischen Stoffes im Kolloidzustand; allein, in manchen Fällen zerstört die Bearbeitung die eigentlichen echten Bodenkrümel. Um festzustellen, wann der negative Einfluß der Bodenbearbeitung überwiegend ist, kann man in diesem Falle unsere Krümelanalyse, welche unlängst, im Jahre 1928, von uns vorgeschlagen worden ist, anwenden. Ich werde hier diese Methode (das Tauchen einer bestimmten Menge des Bodens in Wasser) nicht näher betrachten, da dieselbe in meinem Artikel „Die Frage der Bodenstruktur“ publiziert ist (russischer Artikel mit englischer Zusammenfassung in „Ergebnisse der Forschung“ Agrikulturchemische Abteilung, Versuchsstation Perm 1928, II. Bd.).

Ich führe hier nur einige Ergebnisse der Krümelanalyse an, welche die zerstörende Wirkung der Bodenbearbeitung zeigt. Meine Krümelanalyse wurde mit verschiedenartig tiefer russischer Tschernosom, von welchem ich zwei Schichten prüfte, ausgeführt:

1. Die Oberschicht (0—20 cm tief) welche sich im Laufe von längerer Zeit schlecht bearbeiten ließ.

2. Die Unterschicht (25—40 cm tief) welche die ganze Zeit über im Ruhestand verblieb.

Die erhaltenen Ergebnisse der Krümelanalyse sind in beistehender Tabelle zusammengestellt:

Die Menge der echten Krümel in der Ober- und Unterschicht nach unserer Methode

Die Böden	o/o der echten Krümel mm	Differenz in % der echten Krümel zwischen Unter- und Oberschicht
Pensa { Oberschicht	28,47	35,53
Unterschicht	64,0	
Troizk { Oberschicht	46,14	38,46
Unterschicht	84,6	
Tschernosom N 148 { Oberschicht	52,9	27,72
Unterschicht	80,6	
Tschernosom N 309 { Oberschicht	71,60	9,12
etwa 50 Jahre { Unterschicht	80,72	
Wononesch { in Bearbeitung	34,0	30,50
Tschernosom { im Ruhezustand	64,5	

Man sieht, daß die Oberschicht viel weniger echte Krümel enthält, als die Unterschicht. Derjenige Boden, welcher im Laufe von 50 Jahren brachgelegen hat, zeigt deutlich, wie zu erwarten ist, eine kleine Differenz (in der Menge der echten Krümel) zwischen Unter- und Oberschicht. Ich will noch einmal darauf hinweisen, daß ich nicht jeder Bodenbearbeitung eine zerstörende Wirkung der echten Bodenkrümel zuschreibe. Ich empfehle nur dann die obengenannte Methode, wenn man sich von dem Einfluß der Bodenbearbeitung auf echte Bodenkrümel überzeugen will. Wenn aber diese Methode eine geringe Menge der echten Krümel auf Ton- und Lehm Böden zeigt, so muß man in diesem Falle besondere Rücksicht auf die Verbesserung der echten Bodenkrümel mit Hilfe des Klebstoffes nehmen. Besonders notwendig ist eine solche Verbesserung für Tonböden, bei welchen sich die Festigkeit im Trockenzustande erhöht. Die Bearbeitung ist infolgedessen sehr schwer und nur bei bestimmter Feuchtigkeit möglich. Das Messen der Feuchtigkeit wäre nur mit Hilfe eines Dynamometers, welcher in Rothamsted gebraucht, möglich.

Wie groß die Bedeutung der organischen Stoffe als Klebstoff ist, zeigen die von uns speziell ausgeführten Versuche mit strukturlosen Böden, denen wir nur organische Stoffe zugefügt haben. In diesen Versuchen zersetzte sich die pulverisierte Lupine bei optimaler Temperatur und Feuchtigkeit im Laufe von 8 Wochen. Die Ergebnisse der Krümelanalyse des Bodens nach 8 Wochen werden in folgender Tabelle dargestellt:

Dünger	Die Größe in mm						2,0—0,3
	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,03	
Graue Walderde							
ohne Dünger	1,1	1,5	31,5	5,5	6,1	5,3	49,0
0,5% pulv. Lupine	17,3	3,7	6,3	7,4	40,8	3,5	21,0
Podsolboden							
ohne Dünger	1,4	2,7	24,5	4,5	5,2	5,4	55,0
1% pulv. Lupine	52,3	7,6	22,5	3,1	1,7	1,8	11,0

Wie ersichtlich, erhöht der zersetzte organische Stoff stark die Menge der echten Krümel (CaO und FeSO_4 ohne Lupine sind nicht imstande die feinen Teilchen zu verkleben). Diese Krümelanalyse wurde von uns ebenfalls mit Feldböden ausgeführt und es ergab sich, daß der Ernteertrag *ceteris paribus* dort eine Steigerung zeigte, wo eine größere Menge von echten Bodenkrümel vorhanden war. Die Ergebnisse dieser Krümelanalyse kann ich der Kürze meines Vortrags wegen nicht angeben; dieselben werden späterhin besonders publiziert.

Indem ich meine Abhandlung beende, muß ich hinzufügen, daß die beiden Methoden von DOJARENKO, BÜRGER und die meinige nicht einwandfrei sind, sondern eine weitere Entwicklung erfordern, nach welcher die vereinte Anwendung dieser zwei Methoden uns ein geeignetes und sicheres Kriterium gibt, mit dessen Hilfe wir imstande wären, den positiven und negativen Einfluß verschiedener Arten von Bodenbearbeitung auf Bodenfruchtbarkeit festzustellen.

Zusammenfassung:

Blicken wir zusammenfassend auf das Obenbesprochene zurück, so kann man folgende Schlüsse ziehen:

1. Für die Feststellung des Zusammenhangs zwischen Bodenbearbeitung und Bodenfruchtbarkeit ist die indirekte Methode eine sehr geeignete, nämlich bei der Bestimmung kapillarer, nichtkapillarer Hohlräume im Boden und der Menge der echten Bodenkrümel. Durch diese zwei Methoden kann man die wichtigsten physikalischen Zustände des Bodens, von welchen die Bodenfruchtbarkeit abhängt, erforschen.

2. Für den ersten Zweck, d. h. für die Bestimmung der Porosität, haben DOJARENKO und BURGER ihre Methode vorgeschlagen.

3. Für die Bestimmung der Menge echter Bodenkrümel habe ich meine Methode empfohlen.

4. Diese beiden Methoden sind nicht einwandfrei und erfordern eine weitere Vervollkommnung.

AUSSPRACHE ÜBER INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT

Prof. Dr. SAIDEL: Ich will einige Worte sagen in der Angelegenheit, die ich bereits angedeutet habe, daß es sehr wünschenswert wäre, wenn in der IV. Kommission zunächst eine Gemeinschaftsarbeit zustande kommen könnte. Ich denke mir die Sache so: Es ist garnicht die Rede davon, daß jemand seine Arbeit von nun an so einstellt, daß er nur in der Korporation mitarbeitet. Jeder einzige Forscher verfolgt eigene Ziele und Wege. Es handelt sich vielmehr darum, in gewissen Fragen einen Teil der Zeit und Energie gemeinschaftlichen Fragen zuzuwenden. Gerade auf dem Gebiete der Bodenkunde widersprechen sich oft die Ergebnisse, weil sie auf verschiedenartigen klimatischen Bedingungen angestellt werden.

Dr. ARRHENIUS: Ich muß sagen, daß die internationale Zusammenarbeit jetzt in eine sehr glückliche Bahn gelenkt ist durch die Kommissionen

unserer Bodenkundlichen Gesellschaft. Daß wir diese ganze Woche zusammengewesen sind, ist für uns von allergrößtem Wert gewesen. Das ist ja heute die Hauptaufgabe der Sitzungen, daß wir einander persönlich kennenlernen und miteinander über die Sache persönlich diskutieren können. Eine weitere Verfolgung noch engerer Zusammenarbeit kann leicht gefährlich werden und zur Überorganisation führen.

Prof. Dr. MITSCHERLICH: Angeregt durch unsere Sitzungen gibt es aber doch wohl bestimmte Themata, die wir vielleicht in den Vordergrund unserer neuen Arbeiten stellen könnten, so z. B. den Einfluß der Reaktion und das Pufferungsvermögen des Bodens, sowie den der verschiedenartigen Düngemittel, die den gleichen Nährstoff enthalten, auf den Pflanzenertrag.

Ich möchte damit nicht der Bildung einer Unterkommission unserer Kommission das Wort reden, glaube aber, daß wir weiterkommen, wenn ein einzelnes Gebiet international an mehreren Stellen mit größerer Intensität in Bearbeitung genommen wird, zumal wenn man dabei jedem Mitarbeiter volle Freiheit läßt in der Art, wie er das betreffende Thema angreifen und bearbeiten will; natürlich muß aber der Einfluß auf den Pflanzenertrag überall in den Vordergrund der Untersuchungen gezogen werden.

Dr. ARRHENIUS empfiehlt zur besseren internationalen Zusammenarbeit, die Einreichung von Referaten über die eigenen Arbeiten in unsere internationalen Mitteilungen und bittet besonders die russischen Forscher darum.

Prof. LIPMAN: Ich möchte einige Bemerkungen über diese Fragen machen. Einer der Hauptgründe, in der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft zu arbeiten, wäre, mehr Wertschätzung von Seiten der Öffentlichkeit zu erhalten. Bodenkunde ist eine ziemlich neue Wissenschaft und sie findet daher noch nicht die Beachtung, die sie verdient. Darum müßten wir in den verschiedenen Ländern dafür arbeiten, daß uns auch von Seiten der Behörden Unterstützung und Schätzung zuteil wird. Ich finde ferner, daß Herr Prof. SAIDEL Recht hat, wenn er sagt, daß wir zu lokal gearbeitet haben und unsere Auffassung vom Boden und allen Problemen, die damit zusammenhängen, zu lokal ist. Darum ist es auch sehr wichtig, daß wir uns hier und auch auf anderen Plätzen treffen und wirklich statt lokal zu arbeiten, international zu denken anfangen.

Wir müssen ferner nicht nur in einem Kontakt innerhalb der verschiedenen Kommissionen arbeiten, sondern auch in einem Kontakt mit den verschiedenen Kommissionen, so daß nicht eine Kommission unabhängig von den anderen auf ihrem Gebiet arbeitet. Darum schlage ich vor, daß wir ein Komitee oder so etwas ähnliches bilden sollten, um die Kommissionen zu überwachen und so die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Kommissionen zu fördern. Ich nenne z. B. die Bodenkarte von STREME als ein Beispiel für eine derartige Zusammenarbeit.

Eine andere Sache, der wir große Aufmerksamkeit widmen müssen, ist die Menge der Pflanzennährstoffe, die in den verschiedenen Ländern vorhanden ist. Es ist von Wichtigkeit, daß wir wirklich die natürlichen Möglichkeiten der verschiedenen Länder kennen; gleichzeitig müssen wir dann auch die erforderlichen Kunstdüngermengen schätzen und erforschen, welche die verschiedenen Länder gebrauchen, so daß wir in Zukunft ein

Programm für die Landwirtschaft machen können, speziell unter Berücksichtigung der chemischen Verhältnisse, der Bodenverhältnisse, Kunstdünger- verhältnisse.

Eine noch engere Zusammenarbeit, wie sie Herr SAIDEL vorschlägt, erscheint mir erwünscht.

Prof. SAIDEL begrüßt die Ausführungen des Herrn LIPMAN, speziell auch soweit diese die Zusammenarbeit der verschiedenen Kommissionen betreffen.

Prof. ZIELSTORFF wendet sich speziell an die russischen Fachgenossen mit der Bitte, ihre Arbeiten uns besser durch Autoreferate zugänglich zu machen.

Prof. YARILOW: Wir sind jetzt endlich imstande, unsere Zeitschrift auf feste Füße zu stellen und dadurch haben wir Gelegenheit, über alle russischen Arbeiten Mitteilung zu machen.

Prof. SAIDEL: Nach alledem glaube ich dann, daß sich die Sache so weiter entwickeln muß, daß wir uns zu dritt, viert oder fünft auf privatem Wege verständigen und unsere Zusammenarbeit im Sinne von Herrn Dr. ARRHENIUS sodann weiter ausbauen.

Dann wird zur Geschäftsordnung von Herrn Prof. Dr. YARILOW noch eine Mitteilung gemacht über den Kongreß in Rußland 1930, über den weiteres in den Mitteilungen der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft berichtet werden dürfte.

MITTEILUNGEN

ÜBER DEN BODENKUNDLICHEN KONGRESS 1930

Prof. Dr. YARILOW: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Ich möchte ganz kurze Informationen betreffend die Organisation unseres zweiten Kongresses geben. Im allgemeinen ist all das, was ich mitzuteilen habe, schon von unserem Vorstande und vom Vorstande unserer Gesellschaft in der Sitzung in Budapest genehmigt.

Was die Zeit der Beratung des Kongresses betrifft, so ist in der Plenarsitzung unseres Vorstandes in Budapest der Anfangstermin des Kongresses auf den 20. Juni 1930 festgesetzt. Die Sitzungen des Kongresses werden in zwei Hauptstädten der Union, in Leningrad und Moskau, stattfinden. Jede dieser Städte hat ein bedeutendes Interesse nicht nur in Bezug auf die Bodenverhältnisse ihrer nächsten Umgebung, sondern auch in Hinsicht ihrer wissenschaftlichen und Kulturanstalten. Die Dauer des Kongresses ist auf 12 Tage im ganzen festgesetzt.

Die dritte Frage bezieht sich auf die Arbeitsordnung des Kongresses. Von 12 Kongreßtagen werden 4, je 2 in Leningrad und Moskau, für kleinere Plenarexkursionen bestimmt. 2 weitere Tage sind als spezielle Sektionstage, zum Teil auch spezielle Exkursionen, Besichtigung von Anstalten usw. reserviert. Es bleiben also für Plenar- und Sektionssitzungen im ganzen 6 Nachmittage für Sektionssitzungen übrig. Von den 6 Plenarsitzungen umfaßt

eine die Eröffnungssitzung und eine die Schlußsitzung. Für die wissenschaftlichen Vorträge bleiben dann nur 4 Plenarsitzungen. Auch auf Grund der Erfahrungen während des ersten Kongresses in Washington scheint es notwendig zu sein, die Zahl der Vorträge auf dem Kongreß möglichst zu beschränken, und das Komitee schlägt vor, für die Plenarsitzungen nur Vorträge von wirklich allgemeinerem Interesse, die also alle Kongreßteilnehmer interessieren, und möglichst sorgfältig vorbereitete Vorträge, für welche ein Auftrag der Gesellschaft vorliegt, anzunehmen. Diskussionen, soweit sie als notwendig erscheinen, sind in den betreffenden Kommissionsitzungen zu übergeben.

Die Zeitdauer jedes Plenarsitzungsvortrages soll 30 Minuten nicht überschreiten. Unter diesen Bedingungen kann man in 4 Plenarsitzungen etwa 30 Vorträge aufnehmen; je 5 Vorträge für jede Plenarsitzung, die also 2 1/2 Stunden dauert.

Nun zur Frage „Ausstellungen“. Wie in Leningrad, so werden auch in Moskau im Zusammenhang mit den Kongressen Ausstellungen veranstaltet. In Leningrad liegt die Organisation der Ausstellungen in den Händen des Instituts für Bodenkunde; in Moskau in den Händen des Staatsinstituts für Bodenkunde, also beim Ministerium für Landwirtschaft. Diese Ausstellungen werden die hauptsächlichsten Errungenschaften der Phytologie, der land- und forstwirtschaftlichen Bodenkunde, des Torf- und Moorwesens, der Bodenmeliorationen, der Wiesenkultur, der Bodeneinschätzung sowie der Geologie, der Botanik, soweit sie mit Phytologie verbunden ist, zeigen. Das Organisationskomitee erlaubt sich zu hoffen, daß auch ausländische Mitglieder der Gesellschaft des Kongresses den Ausstellungen jedenfalls ihre Teilnahme gewähren werden. Dabei gehen wir davon aus, daß diejenigen, die hauptsächlich die wissenschaftlich-theoretischen Fragen interessieren, nach Leningrad und diejenigen, welche sich für mit der Praxis verbundenen Fragen interessieren nach Moskau gehen.

Die fünfte Frage betrifft die Hauptexkursionen des Kongresses: die 29tägigen Exkursionen sind von der 8. Konferenz der Pedologen und dem Organisationskomitee derart zusammengestellt, daß sie den Kongreßmitgliedern ein genügend klares Bild der in erster Linie naturwissenschaftlichen, dann aber auch der landwirtschaftlichen Bedeutung der Hauptbodenarten des europäischen Teiles der Union geben können. Gleichzeitig erlauben sie aber auch, die in verschiedener Hinsicht interessanten sowie auch malerischen Gegenden der Union zu besuchen. Diese Reise umfaßt die Gegend von den Podsolflächen des Nordens bis zum Süden, zum Schwarzen Meer und Kaukasien. Die Route erstreckt sich sowohl auf Gebiete mit überreicherlicher Bewässerung als auch auf solche, deren Befeuchtung mangelhaft ist. Sie umfaßt die Wiesen des Nordens mit Milch und Futterproduktion und die mit Weizen und Mais bebauten Steppenflächen, die halbwüsten Länder mit Viehzucht sowie auch die Bergwiesen und Gebiete mit Charakter, Tee- und Tabakpflanzen, Wein- und Obstgärten, die Waldreservate, der Kohlengruben, Kaukasus mit den Städten Tiflis und Baku, allerlei Fabriken, Universitäten, Akademien, landwirtschaftliche Institute, Völkerschaften, nach der Revolution entstandene Wirt- z. B. Kornfabriken u. dergl.

Dann kommt die Frage über die Nebenexkursionen. Außer der Hauptmarschroute sind Nebenexkursionen für diejenigen Mitglieder vorgesehen,

die
nach
Min

Da
der
Bod
der
näh
Den

des
lich
zu l

Sow
Sow
alle
in I
schö
erm
weit
verl
Inte
vert
des
Bed
der
Her
neh
scha
wer
glie

noc
gen
für
für
berc
450
kon

auch
teilr
den
ein

kon
Teil

die einen besonderen Wunsch äußern, so nach Norden, von Leningrad nach Mittelasien, nach Weißrußland, die Besichtigung der Ausstellung in Minsk, was am besten auf der Rückreise von der Union stattfindet.

Dann kommt die Frage betreffend den Führer für die Kongreßmitglieder. Das Organisationskomitee hat die Herausgabe eines Führers vorgenommen, der aus zwei Teilen bestehen wird: erstens: allgemeine Charakteristik der Bodenfläche und der wichtigsten Faktoren der Bodenbildung sowie auch der Form der Kulturausnutzung des Bodens in den verschiedenen Regionen, nähere Besprechungen der beabsichtigten Exkursionsroute und der zur Demonstration gewählten Bodenprofile.

Dann die Frage über die Verhandlungen des Kongresses. Den Bericht des Kongresses übernimmt das Organisationskomitee auf sich selbst; natürlich, das versteht sich von selbst, daß alle Kongreßmitglieder diese Schriften zu herabgesetzten Preisen bekommen, usw.

Was die Bedingungen des Aufenthalts der Kongreßmitglieder in der Sowjetunion betrifft: Um den Kongreßmitgliedern den Aufenthalt in der Sowjetunion zu erleichtern, übernimmt das Organisationskomitee auf sich alle Sorgen betreffend Wohnen und alles übrige, was mit dem Aufenthalt in Leningrad und Moskau verbunden ist. Das Organisationskomitee hat schon vieles getan, um die Kosten für die Kongreßmitglieder möglichst zu ermäßigen, es ist nicht ausgeschlossen, daß wir in dieser Hinsicht auch weiter noch etwas zu tun imstande sind. Das Interesse des Kongresses verlangt nach unserer Meinung, daß die aktiven Teile der Mitglieder unserer Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft möglichst voll auf dem Kongreß vertreten sind. Darum hat das Organisationskomitee für alle Mitglieder des Präsidiums der Gesellschaft sowie auch der Kommissionen besondere Bedingungen für die Kongreßreise aufgestellt. Alle Kosten von der Zeit der Ankunft in Leningrad bis zur Heimfahrt von Moskau betragen für die Herren, die im Präsidium der Gesellschaft oder in den Kommissionen teilnehmen in summa summarum 300 Dollar. Für die Mitglieder der Gesellschaft, die bis zum 1. Januar 1930 alle ihre Mitgliederpflichten erfüllt haben werden, betragen die Kosten 350 Dollar und für alle übrigen neuen Mitglieder des Kongresses werden die gesamten Kosten auf 450 Dollar steigen.

Wie ich ausgeführt habe, sind das Maximalkosten; vielleicht wird es noch möglich sein, sie etwas herabzusetzen. Die Durchführung der oben genannten Preisermäßigungen für den Aufenthalt in der Sowjetunion und für die Teilnahme an den Exkursionen der Kongreßmitglieder wird aber für die Organisation nur dann möglich sein, wenn die Kongreßmitglieder bereit sein werden, die oben genannten Summen von 300 bzw. 350 oder 450 Dollar sofort nach ihrer Ankunft in Leningrad dem Organisationskomitee in ausländischer Valuta zu überreichen.

Was das Visum der Einreise nach der Sowjetunion betrifft, so wird auch alle Sorge darüber das Organisationskomitee übernehmen. Die Kongreßteilnehmer werden ersucht, möglichst vorzeitig, bis zum 1. Februar 1930 dem Komitee Nachricht zu geben, wo sie, in Berlin, Warschau, Riga usw., ein Einreisevisum zu bekommen wünschen.

Nun zum letzten, der Frage der Extrawünsche seitens des Organisationskomitees selbst. Wir ersuchen die Mitglieder der Gesellschaft und die Teilnehmer an dem Kongreß, die Nachricht über die Teilnahme spätestens

bis zum 1. Februar 1930 dem Organisationskomitee zu geben. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die, die sich später in die Liste als Kongreßteilnehmer einschreiben wollen, vielleicht eine höhere Summe zu zahlen haben werden, dann soll aber über die Teilnahme an den Nebenexkursionen nach Mittelasien, Weißrußland, Sibirien spätestens bis zum 1. Februar 1930 dem Organisationskomitee Mitteilung gegeben werden. Alle Kommissionen der Gesellschaft sollen die Thesen mit den Zusammenfassungen der für den Kongreß bestimmten Vorträge sowie auch die Tabellen, das Material zu diesen Vorträgen spätestens bis zum 1. Dezember 1929 — vielleicht ist es möglich, da wir früher als Anfangstermin des Kongresses den 1. Juni angenommen haben, und wir ihn jetzt auf den 20. Juni festgesetzt haben, hier nicht vom 1. Dezember, sondern vom 1. Januar 1930 zu sprechen — also bis zum 1. Januar 1930 dem Organisationskomitee zuzuschicken. Das Organisationskomitee erlaubt sich, an alle Mitglieder der Gesellschaft und an die Mitglieder des Kommissionsvorstandes mit der größten kollegialen Bitte zu wenden, seine gesamte Sache zu unterstützen. (Starker Beifall.)

Prof. Dr. PRIANISCHNIKOW: Die letzte Sitzung unserer wissenschaftlichen, gemeinsamen Arbeit geht zu Ende. Wir möchten diesen Saal nicht verlassen, ohne zu sagen, daß unsere so produktive Arbeit nicht möglich gewesen wäre ohne größere Vorbereitungsarbeiten, die hier in Königsberg durchgeführt wurden, und ohne die Sorgen des erfahrenen Leiters, Herrn Prof. MITSCHERLICH. Er hat auch Mitarbeiter gehabt, die ihm geholfen haben. Ich möchte vorschlagen, allen Herrn dafür unseren besten Dank auszusprechen. (Allseitiger, starker, lang anhaltender, sich erneuernder Beifall.)

Prof. Dr. SAIDEL: Hochverehrte Damen und Herren! Dann möchte ich nach den Worten des Herrn Prof. PRIANISCHNIKOW noch Worte des Dankes richten an die Vertreter der alten Stadt Königsberg, die uns gestern den schönen Abend geschenkt haben, und ich danke gleichzeitig dem Herrn Präsidenten und seinen Mitarbeitern, ferner dem Herrn Oberpräsidenten der Provinz Ostpreußen. Wir müssen dann noch vielen anderen danken, den Mitarbeitern von Herrn Prof. MITSCHERLICH, die wacker geholfen haben an dem Erfolg der schönen Sitzungen und vielen, vielen anderen, so z. B. auch Herrn Ingenieur SCHWABE von der Fliegerschule Rossitten. Man kann nicht alle im Augenblick nennen, aber wir erinnern uns mit Freude jeder Einzelheit und der schönen Stunden, die wir hier verleben durften. Wenn ich nun weiter nicht zu danken habe, so muß noch festgestellt werden, daß die Sitzungen bei uns in der allerschönsten geistigen Atmosphäre vor sich gegangen sind. Die Verhandlungen waren getragen von dem Geist der gegenseitigen Hochachtung und des herzlichen Einvernehmens. Das ist ja auch so in den wissenschaftlichen Kongressen und Konferenzen. Aber wir müssen wirklich sagen, daß es nirgends herzlicher und schöner gewesen ist als hier in Königsberg.

Und dann haben wir nicht den einzelnen Persönlichkeiten zu danken, sondern wir haben uns gegenseitig dafür zu danken; natürlich sind wir sehr verbunden und verpflichtet all den Herren, die die weite Reise hierher

gemacht und hier unsere wissenschaftlichen Arbeiten verschönt haben, wie z. B. Herr Prof. LIPMAN und die Herren, die aus Amerika und weit aus dem Norden Rußlands und von überall her gekommen sind. Ich hoffe, daß die Arbeit, die wir uns hier gegenseitig geleistet haben, reiche Früchte tragen wird, und daß unsere Bodenkunde, der interessanteste Teil der pflanzenphysiologischen Grundlage der Bodenkunde, in den nächsten Jahren einen großen Fortschritt machen wird.

Ich glaube dann, daß ich die Sitzung schließen kann mit dem Wunsche für ein Wohlergehen der Stadt Königsberg, der Provinz Ostpreußen und Deutschlands, dessen Gäste wir hier gewesen sind. (Allseitiger, starker, lang anhaltender, sich erneuernder Beifall.)

Schluß der Sitzung 12⁴⁵ Uhr.

gez. DR. BEHRENS.

gez. DR. M. TRÉNEL.

SUMMARY:

Ad Point 1 of the days agenda RIPPEL-Goettingen gave the introductory lecture. RIPPEL did not seem to reject MITSCHERLICH'S Method so definitely as formerly. He said literally: "I should like to point out that one has been able to obtain excellent approximate results with the help of inconstant efficacy-factors". In the discussion the Englishmen in particular rejected MITSCHERLICH'S method, while others supported it warmly, especially KIRSANOFF-Leningrad who with its assistance in 80—90% of the cases treated attained a right diagnosis.

MITSCHERLICH pointed out that his efficacy-law was not a law but a rule. The mathematical formulae have been drawn up "a posteriori" on the ground of experiments performed during 17 years. The yield of plants does not depend on LIEBIG'S minimum-factor alone, but on all other factors too. In consequence of the small intervals in question for practical agriculture the efficacy-factors are constant. The recognized rule serves as a fundamental fact to judge the manure, and to determine the manure requirement of the plant.

Dr. CROWTHER-Rothamsted pointed out that the Rothamsted permanent wheat experiments have shown that the condition of MITSCHERLICH'S equation is not fulfilled. The percentage increase in yield due to nitrogen addition is much higher when mineral manures are added than when no minerals are added. Great progress in the design and statistical treatment of field experiments has been made by the work of FISHER, BALMUKAND, and MASKELL. (J. Agric. Sci. 1928. 18. 602.) According to these workers $\frac{1}{y} = f(N) + f'(K) \dots + C$, where y is the yield and $f(N)$, $f'(K)$ are some functions of the amount of nitrogen, potash added and c is a constant. A special resistance formula is proposed in which $f(N)$ becomes $\frac{a_n}{n+N}$, where N is the amount of a nutrient added; a_n is a constant; n and a_n are found by fitting the equation to the experimental points. n (which is similar to MITSCHERLICH'S b measures the original nutrient content of the unmanured soil.)

KYAS-Bruenn, presented an arrangement to manage an exact field experiment. The vote on the carefully thought-over proposals was adjourned till 1930.

SOUCEK-Prague, dealt with the efficacy-value of nutrients for plants in layers of the soil at various depths. SOUCEK cautioned against undervaluing the significance of the subsoil. His experimental methods are very interesting; he employs divided pots, and adds the nutrients either to the upper pot or to the lower one.

PRIANISCHNIKOW in the discussion drew attention to the fact that in answering this question the part the nature of the soil plays must not be neglected.

WIESSMANN-Rostock gave a lecture on modifications to which he had subjected MITSCHERLICH'S method. WIESSMANN determines the yield-curve in pure sand and in a mixture composed of sand and the soil to be tested. He obtains the quantities K or P giving a certain yield from the yield-curve of the sand. The yield found in the sand mixture is marked in this curve, and then the K contents of the soil to be tested can be taken from the curve. In this way WIESSMANN evades the question concerning a constant efficacy-factor.

NEUBAUER-Dresden, in a letter, has declined to report on his method. In his opinion nothing will be gained for the germinal plant method in discussing the question at an international meeting.

GRACANIN-Zagreb, had sent a contribution to NEUBAUER'S method. He has observed that when more exposed to light the P assimilation is diminished, the K assimilation, on the other hand, is increased. In acid soil the K and P resorption is increased by liming; in alkaline soil, however, it is diminished.

O. ARRHENIUS-Swede, on grounds of parallel tests, rejected NEUBAUER'S method as being unserviceable.

SOUCEK emphasized its value, particularly for the determination of phosphoric acid.

Mrs. VON WRANGEL-ANDRONIKOW reported on her method to determine the manure requirement of the soil. She determines colorimetrically the P_2O_5 , NH_4 , NO_3 , and K contents. The plants to be tested were first raised in sand, and were then transferred to the test-solution and after a certain time the consumption of salt was determined colorimetrically. The assimilation takes place according to the absorptionisotherm of FREUNDLICH. According to WRANGEL the plant is entirely dependent on the nutrients contained in the solution. VON WRANGEL no longer obtains soil-solution by pressure; she determines the P_2O_5 in an extract of 100 cubic centimetres per 1 gram of soil. Two tests of this kind performed one after the other showed the decrease of the concentration, and consequently the total-concentration according to the formula:

$$x = \frac{a^2}{a-b}.$$

MITSCHERLICH, WIESSMANN, RIPPEN, PRIANISCHNIKOW, CROWTHER and TRÉNEL, took part in the debate.

TRÉNEL drew attention to the experiments of BENADE, concerning observations of the dissolving-rate of the nutrients by conductometric methods.

PRIANISCHNIKOW emphasized the selective attitude of the different plants.

Then O. ARRHENIUS dealt in general with the chemical controlling-tests in agriculture.

Ad Point III of the agenda Prof. GOY, Koenigsberg, gave a lecture on individual characteristic figures of the lime contents of mineral soils. In his experiments GOY has successfully employed the apparatus of TRÉNEL. In most of the cases a retardation of growth in Eastern Prussia was explained by acid reaction of the soil.

To Point V NEHRING reported on the influence of the soil-reaction on the assimilation and utilisation of nitrogen-manure. He examined sulphate of ammonia, nitrate of sodium, nitrate of lime, and urea in three different kinds of soil with oats and barley. In the case of oats no difference became evident; in the case of barley the assimilation of N in acid soil was decreased extraordinarily, after 8 weeks the greater part of nitrogen in saltpetre was assimilated at last while only a small part of the nitrogen in sulphate of ammonia and urea was assimilated. The assimilation of N was favoured by liming. The author concludes that barley is not able to assimilate the NH_4 -nitrogen. The nitrogen contents of plants grown in acid soil, however, are higher than those of plants raised in neutral soil. The author explains this striking fact by retarded assimilation of nitrogen.

In the discussion ARRHENIUS, VON WRANGELL, LIPMAN, PRIANISCHNIKOW raised opposition. The latter in particular emphasized that NH_4 is absorbed even more quickly than saltpetre-nitrogen.

In conjunction PRIANISCHNIKOW reported on the antagonism between the ions of calcium and hydrogen in the soil. He showed that the plants also grow in acid soil, if ions of calcium are present.

In the discussion TRÉNEL related his experiments performed in the Experimental-Station at Darmstadt. (RÖSSLER.) The diverging results (the growth of barley is not impaired by pH_4 when P_2O_5 is given in form of THOMAS slag) are explained fully by the new view of PRIANISCHNIKOW.

MITSCHERLICH held the point of view that the growth is not dependent on the pH figure of the soil.

As the last point of the program TORSTENSON-Sweden dealt with the influence of protective means on the soil. TORSTENSON has particularly studied the content of water and the temperature of soil covered with straw and asphalt-roofing. Especially in dry years the roofing has a favourable influence on the contents of water in the soil. During the whole of the summer the temperature under the roofing is higher than the air-temperature: the temperature of the soil itself under the roofing, however, is lower than in uncovered state. The roofing does not influence the biological state of the soil in any definite way.

At the conclusion of the meeting MITSCHERLICH read a report of TJULIN-Perm on the determination of the porous and crumbly structure of the soil as adequate means to determine the connection between cultivation and fertility of the soil.

RÉSUMÉ:

Ce fut RIPPEL de Göttingen qui fit la conférence introductive sur le premier point de l'ordre du jour. (Détermination du besoin d'engrais du sol par voie phytophysiologique.)

Il semble que RIPPEL n'était plus aussi absolument opposé à la méthode de MITSCHERLICH qu'autrefois. Il a dit en propres termes: „Je voudrais attirer l'attention sur le fait qu'on a pu pratiquement obtenir une approximation excellente avec un facteur d'effet inconstant.“ —

Dans la discussion qui suivit ce furent surtout les Anglais qui refusèrent d'admettre la méthode de MITSCHERLICH, tandis que d'autres s'en constituèrent les défenseurs chaleureux, notamment KIRSANOFF de Leningrad, qui a obtenu avec elle dans 80 à 90% des cas des diagnostics exacts. MITSCHERLICH fit valoir que sa loi d'efficacité n'était pas une „loi“, mais une règle. Sa formule mathématique a été établie „a posteriori“ sur la base de 17 années d'expériences. Le rendement des plantes ne dépend pas uniquement du facteur minimum de LIEBIG, mais aussi de tous les autres facteurs. Dans le petit intervalle de temps entrant en ligne de compte pour l'agriculture pratique les facteurs efficients sont constants.

La règle reconnue sert de base à l'appréciation des engrais ainsi qu'à l'établissement du besoin de matières nutritives de la plante.

CROWTHER de Rothamsted exposa que les expériences faites pendant de longues années à Rothamsted avec du froment n'avaient pas confirmé la constance du facteur efficient. C pour n est notablement plus considérable avec fumure complète.

Aussi FISCHER, BALMUKAND et MASKELL ont-ils cherché sur la base d'une mise en valeur statistique d'essais prolongés à Rothamsted à trouver une autre formule. D'après ces savants $\frac{1}{y} = f(n) + f_1(k) \dots + C_1$, y étant le rendement et N, K les quantités employées d'engrais artificiels. C est une constante; f(n) est encore formulé de façon plus spéciale par $\frac{a_n}{n+N}$; n, qui correspond au b de MITSCHERLICH exprime la teneur en matières nutritives du sol sans fumure. a_n, a_k etc. sont constants pour chaque récolte et chaque sorte et sont obtenus empiriquement des courbes de la récolte.

KYAS de Brünn montre comment il fallait procéder à des expériences exactes en plein champ. On reportera en 1930 l'adoption de ses propositions élaborées avec le plus grand soin.

SOUCEK de Prague parla ensuite de la valeur efficiente des matières nutritives des plantes dans les différentes couches profondes du sol. SOUCEK mit en garde contre une dépréciation de l'importance du sous-sol. Ses procédés en matière d'essais sont extrêmement intéressants, il emploie des récipients séparés et dose les matières nutritives soit dans le récipient supérieur soit dans le récipient inférieur.

PRIANISCHNIKOW fit remarquer, en cours de discussion, qu'il importe pour la solution de ne pas oublier le rôle joué par la nature du sol.

WIESSMANN de Rostock fit une conférence sur la modification par lui apportée à la méthode de MITSCHERLICH. WIESSMANN détermine la courbe du rendement dans le sable pur et dans un mélange consistant en sable et en éléments du sol à examiner. Par la courbe de rendement en sable pur il connaît les quantités K ou P, qui ont un rendement déterminé. Si l'on insère dans cette courbe le résultat obtenu dans le mélange, on peut dégager la teneur en K du sol à examiner.

O. ARRHENIUS (Suède) sur la base d'essais comparés trouve la méthode de NEUBAUER inutilisable.

SOUCEK insiste sur sa valeur, notamment pour la détermination de l'acide phosphorique.

Madame de WRANGEL-ANDRONIKOW exposa une méthode à elle pour la détermination du besoin d'engrais du sol. Elle établit au colorimètre la teneur en P_2O_5 , NH_4 , NO_3 et en K. Les plantes d'expérience furent tout d'abord traitées dans des cultures de sable, puis placées dans la solution d'essai et la consommation de sel fut constatée par le colorimètre au bout d'un temps déterminé. L'absorption a lieu d'après l'isotherme d'absorption de FREUNDLICH.

La plante d'après Madame de WRANGEL en est absolument réduite aux éléments nutritifs se trouvant dans la solution du sol. Elle a renoncé à obtenir un pressis du sol; elle détermine P_2O_5 dans un extrait de 100 cm² pour 1 gramme de terre. Deux de ses déterminations consécutives donnèrent le déchet de concentration et par suite la concentration totale x selon la formule

$$x = \frac{a^2}{a-b}$$

A la discussion prirent part MITSCHERLICH, WIESSMANN, RIPPPEL, PRIANISCHNIKOW, CROWTHER, TRÉNEL.

PRIANISCHNIKOW insista sur le fait que les différentes plantes se comportent de façon sélective.

TRÉNEL attira l'attention sur les recherches de BENADE en vue de suivre au conducteur la dissolution des matières nutritives.

Puis O. ARRHENIUS parla de façon générale du contrôle chimique d'exploitation dans l'agriculture.

Sur le troisième point de l'ordre du jour, GOY de Koenigsberg fit une conférence sur les caractéristiques particulières de l'état calcaire des sols minéraux. Il a employé avec succès, pour ses recherches, l'appareil de TRÉNEL. Dans la plupart des cas on a pu attribuer très nettement des ralentissements de croissance constatés en Prusse orientale à la réaction acide du sol.

Sur le quatrième point de l'ordre du jour on entendit une conférence de NEHRING étudiant l'influence de la réaction du sol sur l'absorption et l'utilisation des engrais azotés. Il examina les effets du sulfate d'ammoniaque, du nitrate de soude, du chaux azote et de l'urée sur trois sols différents pour l'avoine et l'orge. L'avoine n'indiquait pas de différences; pour l'orge, l'absorption de N se trouvait extrêmement diminuée sur sol acide. L'azote du nitrate se trouva finalement absorbé en grande partie au bout de 8 semaines, tandis que celui du sulfate d'ammoniaque et de l'urée ne l'était que fort peu. Un chaulage améliora l'absorption de N. Le conférencier en conclut que l'orge n'est pas en mesure d'absorber l'azote de NH_4 . — La teneur en N des plantes qui se sont développées sur des sols acides est cependant plus élevée que celles venues en sol neutre. Le conférencier explique ce phénomène extraordinaire par retard dans l'absorption de l'azote.

Cet exposé provoqua l'opposition d'ARRHENIUS, de WRANGEL, de LIPMAN et de PRIANISCHNIKOW. Ce dernier insista sur le fait que NH_4 est même plus rapidement absorbé que l'azote du nitrate.

Comme suite à ces débats PRIANISCHNIKOW fit une conférence sur l'antagonisme du calcium et des ions hydrogène dans le sol. Il montra qu'en présence d'ions calcium les plantes croissent, même en sol acide.

Au cours de la discussion TRÉNEL a été même de faire part de recherches personnelles à la station d'essais de Darmstadt (RÖSSLER), recherches dont le résultat diffère (orge avec pH point ralenti dans sa croissance si l'on donne P_2O_5 en scories de THOMAS) s'explique très nettement par la nouvelle constatation de PRIANISCHNIKOW.

MITSCHERLICH fut d'avis que la croissance ne dépendait pas de la valeur du pH du sol.

Arrivé au dernier point de l'ordre du jour le Congrès entendit des observations de TORSTENSON (Suède) sur l'influence du recouvrement du sol. TORSTENSON a en particulier étudié la teneur en eau et la température du sol recouvert de paille et de carton. Dans les années sèches ce recouvrement exerce une influence favorable sur l'utilisation des eaux du sol. Quant à la température elle est plus élevée dans le recouvrement pendant tout l'été que la température de l'air; mais la température du sol lui-même sous le recouvrement est plus basse qu'autrement. Les conditions biologiques du sol ne sont pas nettement influencées par cette opération.

Finalement MITSCHERLICH lut un rapport de TJULIN (de Perm) sur la détermination de la porosité et de l'émission du sol comme moyens appropriés d'établir le rapport existant entre les façons du sol et sa fertilité.