

PRO 2  
37.01

Internationale Gesellschaft für Bodenkunde  
International Society of Soil Science  
Association Internationale de la Science du Sol

---

# Erster Bericht

über die Arbeiten und über die Tagung  
der Arbeitsgemeinschaft zur Prüfung  
der Laboratoriumsmethoden für die  
Bestimmung des Kali- und  
Phosphorsäurebedürfnisses  
der Böden

---

Königsberg (Pr), 12. bis 19. Juli 1936

Herausgegeben von:

Edited by:

Rédigé par:

Eilhard Alfred Mitscherlich, Königsberg (Pr)

1075



## Vorwort.

Das vorliegende Protokoll soll einen möglichst genauen Überblick über die umfangreichen Arbeiten der Internationalen Arbeitsgemeinschaft geben, welche im August 1933 in Kopenhagen von der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft ins Leben gerufen wurde, und es sich zur Aufgabe stellte, den Wert der Schnellmethoden, die zur Bestimmung des Kali- und des Phosphorsäure-Düngungsbedürfnisses des Bodens dienen, zu studieren. Es bildet die erste Niederschrift dieser Arbeitsgemeinschaft, die auf der Internationalen Tagung am 12. bis 19. Juli 1936 in Königsberg (Pr) das erstmalig zusammentrat.

Im folgenden wird so zunächst das Protokoll dieser Tagung wiedergegeben — es kann naturgemäß nur einen Auszug der umfangreichen Verhandlungen bringen —; dann findet man im Anschluß daran sämtliche Versuchsergebnisse der verschiedenen Forscher, welche sich an dieser Arbeit beteiligten mit Angabe der Literatur über die benutzten Methoden und endlich die ersten Versuche, dieses umfangreiche Beobachtungsmaterial zu verarbeiten.

Allen Mitarbeitern sowie auch allen Teilnehmern an unserer Tagung sei auch hier nochmals herzlichst gedankt; ihre Namen findet man auf der ersten Seite unseres Protokolls.

Besonderen Dank schulde ich hier aber noch meinen Mitarbeitern bei der Niederschrift dieses Protokolls selbst, so zunächst Herrn Dr. *Jungermann* für die erste Niederschrift, Herrn Dr. *Beutelspacher* für seine Hilfe bei der weiteren Durcharbeitung und Fräulein *v. Saucken* für die Sichtung des ganzen Materials. — Ich hoffe, bei der Niederschrift allen Seiten möglichst gerecht geworden zu sein und glaube, daß dieses Protokoll auch ein Dokument ist für spätere Jahrzehnte und darüber hinaus, indem es zeigt, wie verworren noch zur heutigen Zeit unsere wissenschaftlichen Erkenntnisse vom Boden sind.

Königsberg (Pr), den 2. Februar 1937.

*Eilh. Alfred Mitscherlich.*





# Inhaltsverzeichnis.

Vorwort . . . . .	Seite V
Inhaltsverzeichnis . . . . .	VII
Verzeichnis der Mitarbeiter und Tagungs-Teilnehmer . . . . .	IX

## Sitzungsberichte:

### A. Allgemeine Vorbesprechungen.

Vergleichsmethode . . . . .	5
Feld- und Gefäßversuch . . . . .	4
pH-Bereich der Methoden . . . . .	11
Bodengewicht oder -volumen als Ausgangseinheit . . . . .	15
Bodenprobenentnahme . . . . .	17

### B. Chemische Methoden.

#### a) Kalimethoden:

1. <i>Dirks-Scheffer</i> . . . . .	25
2. $\text{CO}_2$ nach <i>Mitscherlich</i> . . . . .	24
3. Methode <i>Saidel</i> . . . . .	26
4. Methode <i>Vageler-Alten</i> . . . . .	26
5. Methode <i>Hissink</i> . . . . .	27
6. Methode <i>Krauss</i> . . . . .	27
7. Methode <i>Volk-Truog</i> . . . . .	27
8. Methode <i>Bondorff</i> . . . . .	27
9. Methode <i>von Sigmond</i> . . . . .	28
10. Methode <i>de Vries</i> und <i>Hettterschy</i> . . . . .	28
11. Methode <i>Herzner</i> . . . . .	28

#### b) Phosphorsäure-Methoden:

1. Methode <i>Dirks-Scheffer</i> . . . . .	32
2. $\text{CO}_2$ -Methoden nach <i>Mitscherlich</i> und nach <i>Puri</i> . . . . .	32
3. Methode <i>Saidel</i> . . . . .	33
4. Methode <i>Dreyspring-Heinz</i> . . . . .	33
5. Methode <i>de Vries</i> und <i>Hettterschy</i> . . . . .	45
6. Methode <i>Egnér</i> . . . . .	45
7. Methode <i>König-Hasenbäumer</i> . . . . .	50
8. Methode <i>Lemmermann-Fresenius</i> . . . . .	50
9. Methode <i>Arrhenius</i> . . . . .	50
10. Methode <i>Demoion</i> und <i>Barbier</i> . . . . .	51
11. Methode <i>Kirssanoff</i> . . . . .	51
12. Methode <i>Bondorff</i> . . . . .	52
13. Methode <i>von Sigmond</i> . . . . .	52
14. Methode <i>Herzner</i> . . . . .	52
15. Methode <i>Reijenberg</i> . . . . .	52
16. Methode <i>Mattson-Ekman</i> . . . . .	55

### C. Biologische Methoden.

1. <i>Aspergillus</i> -Methode nach <i>Niklas</i> . . . . .	56
2. <i>Azotobakter</i> -Methode nach <i>Winogradsky</i> . . . . .	60
3. <i>Azotobakter</i> -Methode nach <i>Stöckli</i> . . . . .	62
4. <i>Neubauer</i> -Methode . . . . .	65
5. Gefäßmethode nach <i>Mitscherlich</i> . . . . .	66
6. Der Feldversuch . . . . .	66

	Seite
<b>D. Verarbeitung der Versuchsergebnisse durch:</b>	
<i>Mitscherlich</i> . . . . .	81
<i>Astrand</i> . . . . .	91
<i>Niklas</i> . . . . .	96
<i>Kühn</i> . . . . .	98
<b>E. Schlüsse und Beschlüsse</b> . . . . .	98
<b>F. Ausflüge anläßlich der Tagung</b> . . . . .	102
<b>G. Untersuchungs-Ergebnisse und methodische Bemerkungen hierzu.</b>	
Verzeichnis der untersuchten Böden . . . . .	105
Ergebnisse von Feldversuchen . . . . .	106
Ergebnisse der Kalimethoden . . . . .	108
Bemerkungen hierzu . . . . .	114
Ergebnisse der Phosphorsäuremethoden . . . . .	118/119
Bemerkungen hierzu . . . . .	119
Ergebnisse der Ergänzungsmethoden . . . . .	128/129
Bemerkungen hierzu . . . . .	128
Besondere Ergebnisse einzelner Forscher:	
<i>Hissink</i> . . . . .	131
<i>de Vries</i> . . . . .	137
<i>Dreyspring</i> . . . . .	140
<i>Allen</i> . . . . .	142/145
<b>H. Verarbeitung der Versuchsergebnisse</b> . . . . .	146
1. Korrelationsrechnungen für die Kali- und Phosphorsäureergebnisse von <i>Astrand</i> . . . . .	147
2. Verarbeitung der Kali- und Phosphorsäureergebnisse von <i>Mitscherlich</i> . . . . .	149
3. Verarbeitung der Kaliergebnisse von <i>Niklas</i> . . . . .	164
4. Verarbeitung der Phosphorsäureergebnisse von <i>Kühn</i> . . . . .	167
5. Vergleich der Ergebnisse der Laktatmethode mit denen des Gefäß- versuches von <i>Franck</i> . . . . .	169
6. Vergleich der Ergebnisse des Mikrodüngungsversuches mit denen des Gefäßversuches von <i>Sekera</i> . . . . .	171
Zusammenfassung in englischer Sprache . . . . .	178
Zusammenfassung in französischer Sprache . . . . .	181
Literatur-Verzeichnis . . . . .	185
Berichtigungen . . . . .	187

## Verzeichnis der Mitarbeiter und der Tagungs-Teilnehmer.

1. Prof. Dr. *B. Aarnio*, Finnland; Helsingfors, Bulevardi 29.
2. Dr. *F. Alten*, Deutschland; Berlin-Lichterfelde Süd, Berliner Str. 111/112.
3. Dr. *F. Arnhold*, Deutschland; Königsberg (Pr), General-Litzmann-Str. 18.
4. Dr. *Olof Arrhenius*, Schweden; Stockholm, Gamla-Haga.
5. Dr. *Halldan Åstrand*, Schweden; Arlöv, Socherfabriken.
6. Diplomlandwirt *I. H. Bachér*, Schweden; Stockholm, Centralanstaltens Jordbruksavdelning, Experimentalfältet.
7. Prof. Dr. *J. Baeyens*, Belgien; Louvain, Rue des Récollets 29.
8. Dr. habil. *Balks*, Deutschland; Braunschweig, Hochstr. 17/18.
9. Dr. *K. Bambergs*, Lettland; Riga, Kronvalda bulv. 1.
10. Dr. *Hans Beuteispacher*, Deutschland; Königsberg (Pr), Tragheimer Kirchenstraße 74.
11. Dr. habil. *Eduard von Boguslawski*, Deutschland; Breslau, Hansastr. 25.
12. Prof. Dr. *K. A. Bondorff*, Dänemark; Lyngby/Kopenhagen.
13. Prof. Dr. *H. Burgevin*, Frankreich; Versailles, route de St.-Cyr.
14. Diplomlandwirt *En Feng Chen*, China; Nanking, Kü An Li 20.
15. Direktor Dr. *Decoux*, Belgien; Tirlemont, Institut Betteravier.
16. Prof. Dr. *A. Demolon*, Frankreich; Versailles, route de St.-Cyr.
17. Dr. *Carl Dreyspring*, Deutschland; Hamburg, Hammerlandstr. 245.
18. Dr. *Per Ekman*, Schweden; Ultuna/Uppsala, Lantbrukshögskolan.
19. Dr. *Olle Franck*, Schweden; Stockholm, Centralanstaltens Jordbruksavdelning, Experimentalfältet.
20. Prof. Dr. *Fritz Giesecke*, Deutschland; Berlin-Dahlem, Lentze-Allee 55—57.
21. Prof. Dr. *S. Goy*, Deutschland; Königsberg (Pr), Lange Reihe 3.
22. Dr. *R. A. Herzner*, Österreich; Wien 18, Hochschulstr. 17.
23. Direktor Dr. *D. J. Hissink*, Holland; Groningen, Verlengde Oosterweg.
24. Prof. Dr. *J. Hudig*, Holland; Wageningen, Diedenweg 14.
25. Dr. *Jacob*, Deutschland; Berlin-Lichterfelde Süd, Berlinerstr. 111/112.
26. Prof. Dr. *G. Jonescu-Sisesti*, Rumänien; Bukarest II, Bulv. Marasti 61.
27. Diplomlandwirt *P. Jubass*, Lettland; Mežotnē.
28. Dr. *Karl Jungermann*, Deutschland; Breslau, Hansastr. 25.
29. Dr. *Albert Kawe*, Deutschland; Leipzig C 1, Linnéstr. 2.
30. Dr. *Hans Keller*, Österreich; Wien 18, Gregor-Mendel-Str. 33.
31. Prof. Dr. *A. Kirssanoff*, USSR., Moskau 17, Pjatnitskaja 12, k. v. 1.
32. Dr. *Krügel*, Deutschland; Hamburg, Hammerlandstr. 245.
33. Dr. *Stefan Kühn*, Ungarn; Budapest II, Herman Ottó-ut. 15.
34. Dr. habil. *Alfred Kuhke*, Deutschland; Königsberg (Pr), Tragheimer Kirchenstraße 74.
35. Prof. Dr. *Sante Mattson*, Schweden; Ultuna/Uppsala, Lantbrukshögskolan.
36. Prof. Dr. *E. A. Mitscherlich*, Deutschland; Königsberg (Pr), Tragheimer Kirchenstraße 74.
37. Prof. Dr. *Kurt Nehring*, Deutschland; Rostock (Mecklbg.), Graf-Lippe-Str. 1.
38. Prof. Dr. *Neubauer*, Deutschland; Dresden A 16, Stübel-Allee 2.



39. Prof. Dr. *H. Niklas*, Deutschland; München, Walter-von-Dyck-Platz 1.
40. Prof. Dr. *W. G. Ogg*, England; Aberdeen/Craigiebukler.
41. Dr. *Georg Paplovschi*, Rumänien; Bukarest II, Parcul Domeniilor Strada C, Sandu Aldea 90.
42. Prof. Dr. *J. A. Prescott*, Australien; Glen Osmond, University of Adelaide.
43. Prof. Dr. *Dimitry Prjanischnikov*, USSR.; Moskau S. Iwanowskaja 25.
44. Dr. *A. N. Puri*, Indien; Lahore, Punjab Irrigation Research Institute.
45. Dr. *A. Reifenberg*, Palästina; Jerusalem, The Hebrew University.
46. Dr. *Charles Richter*, Hawaii; Honolulu, United States Department of Agriculture.
47. Dr. *Jan M. Robertson*, England; Aberdeen/Craigiebukler.
48. Dr. *N. Ruubel*, Estland; Rapla/Kuusiku, Landwirtsch. Versuchsstation.
49. Prof. Dr. *Teodor Saidel*, Rumänien; Bukarest II, Parcul Domeniilor Strada C, Sandu Aldea 90.
50. Dr. habil. *W. Sauerlandt*, Deutschland; Landsberg a. d. Warthe, Theaterstraße 25.
51. Direktor Dr. *Schmitt*, Deutschland; Darmstadt, Landw. Versuchsstation.
52. Prof. Dr. *F. Scurti*, Italien; Turin, Via Ormea 47.
53. Dr. *F. Sekera*, Österreich; Wien 18, Hochschulstr. 17.
54. Prof. Dr. *A. J. von 'Sigmond*, Ungarn; Budapest I, Szent Gellért-tér 4.
55. Dr. *Arthur Smalakies*, Deutschland; Berlin SW 11, Dessauerstr. 28/29.
56. Prof. Dr. *Alex M. Smith*, England; Edinburgh 8, George Square 15.
57. Dr. *A. B. Stewart*, England; Aberdeen/Craigiebukler.
58. Dr. *A. Stöckli*, Schweiz; Zürich-Oerlikon, Landw. Versuchsstation.
59. Prof. Dr. *E. Truog*, USA.; Madison-Wisconsin, College of Agricult.
60. Prof. Dr. *E. Ungerer*, Deutschland; Königsberg (Pr), Tragheimer Kirchenstraße 85.
61. Dr. *Hans Vageler*, Deutschland; Königsberg (Pr), Beethovenstr. 24/26.
62. Direktor Dr. *O. de Vries*, Holland; Groningen, Rijkslandbouwproefstation voor den Akker- en Weidebouw.
63. Dr. *Jadwiga Ziemiecka*, Polen; Pulawy, Landw. Versuchsstation.
64. Dr. *Fr. Zucker*, Ungarn; Budapest II, Keleti Karoly — ut. 24.



Bild 0  
Teilnehmer an der Königsberger Tagung



s  
g  
v  
a  
h  
s  
d  
d

L  
v  
d  
w  
si  
C  
u  
p  
w  
r  
M  
u  
m  
d  
te  
d  
d  
m  
se  
an  
m  
tr  
ze  
sa  
V  
ne  
da

# Protokolle der Sitzungen.

## 1. Sitzung: Montag, den 15. Juli 1936.

Hochverehrte Anwesende!

Liebe Mitarbeiter und wertige Gäste!

Im Namen des Präsidenten der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. *Schuch*, welcher leider selbst zu Ihrer Begrüßung nicht hierher kommen konnte, begrüße ich Sie, die Sie teils aus weiten Ländern zu unserer Arbeitstagung hierher geeilt sind, auf das allerherzlichste. Wenn ich auch leider so manchen unserer Mitarbeiter heute vermissen muß, so erwarte und hoffe ich doch, daß durch unsere gemeinsame Arbeitstagung das Problem, welches alle unsere Völker auf das lebhafteste bewegt, mit Ihrer Hilfe ganz wesentlich gefördert werden wird.

Als Anfang August 1935 die II., III. und IV. Kommission unserer Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft in Kopenhagen tagte, wurde dort von allen drei Kommissionen in einer gemeinsamen Sitzung der einstimmige Beschluß gefaßt, die Brauchbarkeit aller Methoden, welche möglichst schnell und möglichst billig den Kali- und Phosphorsäuregehalt des Bodens zu bestimmen gestatten und hieraus eine sichere Gewähr für das Düngerbedürfnis des Bodens geben, einer Prüfung zu unterziehen. Da wir hier in Königsberg in der Lage waren, die Böden pflanzenphysiologisch mit Hilfe der Gefäßmethode zu untersuchen, so wurde mir der Auftrag erteilt, diese Gemeinschaftsarbeit ins Leben zu rufen, eine Reihe von uns zu untersuchender Böden, auf denen nach Möglichkeit Feldversuche ausgeführt sein sollten, an alle die Stationen unserer Mitglieder zu versenden, welche über eine derartige Schnellmethode verfügen, damit sie dort nach dieser Methode untersucht wurden. Das Beobachtungsmaterial wurde alsdann von unseren Mitarbeitern hierher eingesandt, und ich hatte die Ehre, bereits in Oxford auf dem Internationalen Bodenkundlichen Kongreß meine Ansichten über die Verarbeitung dieses umfangreichen Materials Ihnen mitzuteilen. Damals bat mich der Generalsekretär und stellvertretende Präsident unserer Gesellschaft, nunmehr möglichst bald eine Sitzung unserer Mitarbeiter einzuberufen, damit wir in die Lage kämen, nunmehr auch möglichst bald an die Veröffentlichung unserer großen Arbeit herantreten zu können. Das gab nun die Veranlassung zu meiner Einladung zu unserer jetzigen Sitzung, die ich hierher verlegte, da wir hier das gesamte Material zur Verfügung haben und auch an der Hand unserer Versuche am besten diskutieren können. Ich möchte Sie darum auch noch besonders bei uns in Königsberg willkommen heißen und hoffe, daß auch jedem einzelnen von Ihnen die Tagung so angenehm wie nur



möglich verlaufen wird. Die Arbeitstagung, die wir jetzt beginnen, unterscheidet sich von den üblichen Konferenzen dadurch, daß kein festes Vortragsprogramm vorliegt, sondern daß lediglich nur das eine Thema, die eine Aufgabe unserer Gemeinschaftsarbeit behandelt wird; es wird so mehr Gewicht gelegt werden auf die gemeinsame Aussprache und Diskussion. Naturgemäß werden wir aber auch hier eine bestimmte Richtlinie in unseren Erörterungen einhalten müssen; doch soll zu Beginn einer jeden Tagung die Möglichkeit gegeben sein, auch noch zu bereits diskutierten Fragen nochmals das Wort zu nehmen, damit wir so möglichste Klarheit auf allen Gebieten erzielen. Bei allen unseren Diskussionen bitte ich aber alle Voreingenommenheiten, die sicher hier oder da bestehen, beiseite zu lassen und ausschließlich der objektiven Forschung und Wissenschaft zu dienen. Sollte so gegen die eine oder andere Methode Stellung genommen werden, so mag sich der Vater der betreffenden Methode dessen bewußt sein und bleiben, daß es sich hier nicht um einen persönlichen Gegensatz oder um irgendwelche Mißgunst handelt, sondern daß wir alle lediglich der Forschung dienen und objektiv die Wahrheit zu erkennen suchen!

Selbstverständlich werden die einzelnen Diskussionstage durch kurze Vorträge eingeleitet werden, die ja erforderlich sind, um überhaupt eine Diskussion in die Wege zu leiten. Ich werde die Herren Mitarbeiter, welche sich besonders mit dem betreffenden Problem beschäftigt haben und denen es darum nicht schwer fällt, uns in dieses einzuführen, darum bitten.

Da die Diskussionen aber bekanntlich viel anstrengender sind als das Anhören von Vorträgen, bei denen man ja auch, wenn sie einen weniger interessieren sollten, herausgehen oder auch „schlafen“ kann, habe ich für unsere Tagung noch zur Unterbrechung eine Reihe von Exkursionen vorgesehen. Dank dem großen Entgegenkommen unserer Reichsregierung, unserer Provinz und unserer Stadt sollen aber durch diese Exkursionen unseren Teilnehmern keine besonderen Unkosten entstehen, so daß ich hoffen darf, daß wir uns auch bei diesen vollständig einfinden, und daß sie dazu beitragen werden, den Konnex unserer Mitarbeiter aus allen Landen wie unserer Gäste nur um so enger zu gestalten. Ich möchte nicht verfehlen, der Reichsregierung, der Provinz und der Stadt Königsberg dafür, daß sie uns dieses ermöglichen, schon hier unseren herzlichsten Dank auszusprechen, und bitte Sie um Ihr Einverständnis dazu, dieses auch nachträglich noch schriftlich in Ihrer aller Namen als Präsident der IV. Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft ausführen zu dürfen.

Leider war eine ganze Anzahl unserer Mitarbeiter verhindert, an dieser unserer Tagung teilzunehmen; so bedauert es besonders Herr *Bondorff-Kopenhagen*, welcher durch eine Krankheit nicht reisefähig ist, und bittet mich, den Teilnehmern seine besten Grüße zu übermitteln. Auch unser Generalsekretär Herr *D. J. Hissink-Groningen* war leider unabhkömmlich; er wie die Herren *Hudig-Wageningen*, *Kühn-Budapest*, *Alex. M. Smith-Edinburgh*, *R. Stewart-Manchester*, *Kirssanoff-Moskau* und Frau *Ziemiacka-Pulawy* senden freundliche Grüße und wünschen uns guten Erfolg. Herr *Sekera-Wien* hat ein direktes Schreiben an unsere Arbeitstagung gerichtet, welches ich Ihnen demnach verlesen muß:



„Da es mir leider nicht möglich ist, mit Ihnen an den Beratungen über unsere Arbeitsmethoden teilzunehmen, übermittele ich Ihnen durch diese Zeilen herzlichen Gruß und den Wunsch recht erfolgreicher Arbeit. Als Herr Prof. Mitscherlich uns zu der gemeinsamen Arbeit aufrief, hatten wir wohl alle etwas Angst vor den Unstimmigkeiten in unserer Arbeit — nun diese Unstimmigkeiten liegen heute vor uns ausgebreitet, und daher wünsche ich Ihnen von ganzem Herzen folgendes: Verzweifeln Sie nicht daran, sondern freuen Sie sich wie ich über die vielen Anregungen, die die gemeinsame Arbeit uns jetzt schon vermittelt hat, und die ganz sicher den einen oder anderen unter uns dazu führen wird, den Boden vollkommener zu prüfen, als das heute möglich ist.

Ich danke mit Ihnen unserem unermüdlichen Vorsitzenden, Herrn Prof. Mitscherlich und freue mich, bei folgenden Beratungen wieder mittun zu können.

Guten Erfolg und herzlichen Gruß Ihres Wiener Kollegen.

(gez.) Sekera.

Hiermit eröffne ich nunmehr die Tagung unserer großen Gemeinschaftsarbeit, welche wohl die erste sein dürfte, die in einem derartigen Umfange von einer Internationalen Gesellschaft ins Leben gerufen wurde. Möchte sie auch dazu beitragen, die Freundschaft und das gegenseitige Vertrauen der Mitarbeiter zu stärken und unsere Völker in dieser friedlichen Arbeit, die für jedes einzelne unserer Länder wert- und bedeutungsvoll sein dürfte, einander näher zu bringen!

In diesem Sinne begrüße ich auch noch besonders den Vertreter Frankreichs, Herrn Prof. Dr. *Burgevin*, den ich nunmehr bitte, das Präsidium in dieser ersten Sitzung zu übernehmen.

Prof. Dr. *Burgevin* spricht seinen herzlichen Dank aus für die Ehre, die ihm hierdurch zuteil wurde, wie für den Beifall, mit dem sie von der Versammlung aufgenommen wurde, bittet aber, ihn zu entschuldigen, wenn er die Präsidentschaft nicht annimmt, da er hierzu die deutsche Sprache nicht genügend beherrsche.

Aus der Versammlung wird nun vorgeschlagen, Dr. *O. de Vries* zum Präsidium der ersten Sitzung zu wählen. Dieser meint, daß es angebracht sei, daß Prof. *Mitscherlich* den Sitzungen präsiert, nimmt aber auf dessen Bitte das Präsidium an.

Weil vorgesehen ist, zu dieser ersten Sitzung das ganze Thema einer ersten allgemeinen Besprechung zu unterwerfen, bittet er Prof. *Mitscherlich*, seine diesbezügliche Einleitung der Versammlung vorzulegen.

*Mitscherlich*: Von größter Bedeutung für die ganze Verarbeitung unserer umfangreichen Versuchsergebnisse ist die Wahl der sogenannten Vergleichsmethode. Man war sich wohl in Kopenhagen bereits schlüssig darüber, daß hierfür nur eine pflanzenphysiologische Methode in Frage kommen kann; denn wir wollen ja feststellen, ob man mit einer Kali- oder mit einer Phosphorsäure-Düngung eine Steigerung des Pflanzenertrages erzielen kann! So mußte also die Höhe des Pflanzenertrages bzw. die Ertragssteigerung, die man mit einer Düngung erzielen kann, den Maßstab für irgendeine Untersuchungsmethode abgeben!



Nun wurde von unseren englischen Kollegen und wohl auch von Herrn Kollegen *de Vries* zunächst angenommen, daß als Vergleichsmethode ausschließlich der Feldversuch dienen kann; denn wir wollen ja schließlich das Ergebnis aller unserer Untersuchungen auf dem Felde, in der landwirtschaftlichen Praxis erproben. Ich hoffe, daß Herr *de Vries* uns in der nächsten Sitzung seine Ansichten über den Feldversuch mitteilt; er war so freundlich, unser vorliegendes einschlägiges Material, welches wir ihm zusandten, daraufhin einer Einsicht zu unterziehen.

Meine Herren, ich halte es für falsch, den Feldversuch als Vergleichsmethode anzunehmen; die Ergebnisse des Feldversuches sind darum mit allen anderen Versuchsergebnissen überhaupt nicht vergleichbar, weil für alle anderen Methoden, für den Gefäßversuch wie für jedwede Laboratoriumsmethode der Boden dem Felde entnommen werden muß! — Im Felde stehen unseren Pflanzen neben den entnommenen Bodenproben aber auch die darunterliegenden Bodenschichten zur Verfügung; so kann ein Boden nach einer sehr sicher arbeitenden Laboratoriumsmethode ganz bestimmt kaliarm sein; auf dem Felde aber, wo im Untergrunde noch genügende Kalimengen den Pflanzen zur Verfügung stehen, kann sich eine Kaliarmut keineswegs ausweisen! —

Auch ich möchte natürlich möglichst genau feststellen, welche Mengen an Kali und Phosphorsäure ein bestimmter Boden im Felde benötigt; denn darauf kommt es für die landwirtschaftliche Praxis allein letzten Endes an; aber diesen Weg vermag ich aus wissenschaftlichen Gründen nicht mitzugehen! — Wenn wir Methoden in ihren Ergebnissen miteinander vergleichen, so können wir das ganz ausschließlich nur dann tun, wenn wir zu diesen Vergleichen ganz genau das gleiche Bodenmaterial heranziehen; wenn wir also in unserem Falle die vom Felde entnommene Bodenprobe in jedem Falle untersuchen. Gehen wir nun weiter von der Voraussetzung aus, daß das Ergebnis der ganzen Untersuchung in der Höhe oder in der Steigerung des Pflanzenertrages festgestellt werden muß, so sind wir dadurch zunächst dazu gezwungen, den Gefäßversuch als Vergleichsmethode für diese ganzen Bodenuntersuchungen anzusetzen.

Haben wir alsdann eine Laboratoriumsmethode gefunden, mit der man möglichst schnell, sicher und billig den Nährstoffgehalt bzw. das Düngerbedürfnis eines Bodens zu bestimmen vermag, dann können wir auch mit Hilfe dieser Methode die betreffenden Bodenuntersuchungen in den verschiedenen Bodenschichten durchführen und jetzt erst auch den Anschluß an den Feldversuch finden, und damit endgültig das bestimmen, was unseren Landwirt interessiert! — Ehe wir also an den Feldversuch herangehen können und ihn als Maßstab verwenden, müssen wir erst den Wert unserer Laboratoriumsmethode an dem Gefäßversuch als „Vergleichsmethode“ erkannt haben; nur so scheint mir das uns vorliegende Problem überhaupt wissenschaftlich bearbeitbar und lösbar zu sein!

*de Vries*: Ich stelle nun zuerst diese allgemeine Seite des Problems zur Diskussion und möchte dazu einleitend folgendes bemerken. Es scheint mir angebracht, beim Anfang unserer Diskussion die Verhältnisse etwas allgemeiner zu betrachten.



Mein Standpunkt ist, daß wir ruhig anerkennen sollen, daß wir auf dem Gebiet der Untersuchung auf Bodenfruchtbarkeit bei weitem nicht alles wissen und in absehbarer Zeit auch nicht wissen werden. Die Bodenprobleme sind sehr kompliziert. Wir können zunächst feststellen, daß wir diese Probleme nicht beherrschen und auch nie vollständig beherrschen werden.

Wir sagen in unserem Lande nie den Landwirten, man soll es so machen, und nur so ist es gut, sondern: Versuchen Sie es so, das ist das Beste, was wir Ihnen raten können. Meiner Ansicht nach ist das das Fundament; wenn man sich darüber einig ist, dann können wir hier diskutieren, wie man weiterkommen soll. Der eine weiß etwas, der andere weiß etwas, im ganzen wissen wir aber nur ein ganz kleines Stück. Ich sehe in dem Problem, das uns hier beschäftigt, sehr viele Dimensionen, wovon wir nur einige einigermaßen beherrschen; ich habe es früher polydimensional genannt, wobei ich anlehnend an die Phasenlehre an graphische Aufzeichnung gedacht habe; man kann auch von „vielfaktorisches“ reden.

Wir bearbeiten hier mit der chemischen Seite nur ein ganz kleines Stück des ganzen Problems. Die Art der Beratung kann meines Erachtens zunächst außer Betracht bleiben. In jedem Lande soll man es machen, wie man das am besten findet. Das wird sehr verschieden sein und hängt von dem Landwirt ab, ob Groß- oder Kleinbesitzer, mehr oder weniger intelligente Leute usw. Je nachdem, wie der Bauer intelligent ist, hat er mehr von den Zahlen selbst, bisweilen weiß er auch nichts damit anzufangen. Es gibt viele Fälle, bei denen sich der Landwirt nicht um Zahlen kümmert, dann gibt man, je nach den örtlichen Umständen eine Beratung, z. B.: Nehmen Sie 200 kg. Darüber brauchen wir uns jetzt nicht zu einigen, das muß jeder für sich wissen, das ist eine Sache, bei der die Umstände lokal zu verschieden sind.

Was nun die Gefäßmethode anbelangt, so hat *Mitscherlich* vollkommen recht, wenn er sagt, der Gefäßversuch hat den Vorteil, daß man den Boden pflanzenphysiologisch untersucht, und zwar den Krumboden, denselben wie in der chemischen Analyse. Ich sehe aber auch Nachteile. Die Methode *Mitscherlich* untersucht zwar die Krume, aber sie untersucht die Krume unter Umständen, die sehr verschieden sind von den Verhältnissen im Felde. Eine ganze Anzahl von Faktoren ist verschieden von den Faktoren im Felde. Ich könnte da nennen: 1. ziemlich wenig Boden, 2. dieser wird mit Sand verdünnt. Die Verdünnung des Bodens mit Sand ist für Gefäßversuche vielleicht angebracht, sie bringt aber eine große Veränderung in die Sachlage. Der Boden ist im Verhältnis zur Pflanzenzahl nur in einer sehr geringen Menge angewandt, und es findet im Vergleich zur Pflanze auf dem Felde eine viel stärkere Durchwurzelung statt. Dadurch wird der Boden bzw. werden die Nährstoffe viel intensiver ausgenutzt. Dann wird 3. der Dünger mit dem Boden in idealer Weise vermengt, während er im Felde nur inhomogen verteilt wird. Das kann einen großen Unterschied geben, die Pflanze kann die Düngernährstoffe ganz anders ausnutzen. 4. Der Boden wird im Gefäß ständig feucht gehalten. Man hat also nicht die wechselnden Dürre- und Feuchtigkeitsperioden wie im Felde. Die Verfügbarkeit der Nährstoffe kann daher im Gefäß eine andere als im



Felde sein. 5. Im Mitscherlichgefäß findet keine Auswaschung statt; es wird das durchgelaufene Wasser ständig wieder aufgegossen. Diese und andere Faktoren müssen meines Erachtens berücksichtigt werden. Sie bewirken, daß die Mitscherlichmethode die Bodenverhältnisse nur von einer bestimmten Seite aus sieht. Sie stellt einen speziellen Aspekt des ganzen Problems dar. Mein Standpunkt ist, daß uns nur interessiert, inwieweit die durch irgendeine Methode gefundenen Werte mit dem Feldversuch in Einklang stehen, was also die Methode aussagt für die praktischen Verhältnisse im Freiland. Man muß also mit den Feldversuchen vergleichen und außerdem alle einzelnen Methoden untereinander. Wenn *Mitscherlich* sagt, bei dem Feldversuch werden auch Nährstoffe aus dem Untergrund aufgenommen, so ist das meiner Ansicht nach sicher wichtig, aber die größte Menge der Nährstoffe, die den Ausschlag für das Pflanzenwachstum gibt, sitzt in der Krume. Auf Grund unserer Untersuchungen haben wir den Eindruck, wenn der Untergrund nicht übermäßig reich an Nährstoffen ist, kommt es in der Hauptsache auf die in der Krume befindlichen Nährstoffe an. Der Untergrund hat weniger Bedeutung für die Nährstoffversorgung als vielmehr für die Wasserversorgung der Pflanze. Ich sehe daher den Einwand von *Mitscherlich* gegen den Feldversuch als Vergleich als nicht so schwerwiegend an. Vorläufig können wir die Krume untersuchen mit Hilfe unserer Methoden und den Untergrund im Feldversuch hinzuziehen.

Infolge der Verschiedenheit der Bodentypen wird es nicht möglich sein, das Problem der Bodenuntersuchungen in einfacher und universeller Weise zu lösen. Wir können meines Erachtens zunächst nur Methoden für einen bestimmten Bodentyp und für ganz bestimmte Umweltverhältnisse ausarbeiten. Die einzelnen Bodentypen müssen zunächst gesondert untersucht werden; später kann man sehen, ob bestimmte Methoden international verwendbar sind. Wir werden feststellen können, welche Methoden für bestimmte Verhältnisse am besten sind. Wir werden im Verlauf dieser Tagung festzustellen haben, wie wir die Ergebnisse der Laboratoriumsmethoden mit denen des Feldversuches in Zusammenhang bringen können.

*Allen:* Wenn wir hier das Problem der Bodenuntersuchung erörtern, müssen wir uns von vornherein darüber klar sein, daß uns zwei ganz verschiedene Bodenuntersuchungsrichtungen zu leiten haben. Einmal haben wir als Bodenkundler die Pflicht, vom rein bodenkundlichen Standpunkt aus den Verwitterungsverlauf, wie er in der weiten Natur unter den verschiedensten klimatischen Bedingungen auftritt, zu studieren und festzustellen, welche verschiedenen physikalischen und chemischen Reaktionen für das Endprodukt Boden maßgebend gewesen sind. Andererseits ist es aber auch unsere Pflicht, den Boden als Substrat für unsere Kulturpflanzen zu betrachten und ihn auf seine Eignung für landwirtschaftliche Zwecke zu prüfen. Hier ist in erster Linie die Frage von Bedeutung, welche Nährstoffmengen besitzt der Boden, in welcher Zeit stellt der Boden die in ihm enthaltenen Nährstoffe der Pflanze zur Verfügung und welche Düngermaßnahmen haben wir zu empfehlen, um den Boden zur höchsten Ausnutzung in landwirtschaftlicher Hinsicht zu bringen? Wenn wir diese Fragen zur Diskussion stellen, so



müssen wir uns darüber klar sein, daß unsere gesamten Methoden, die wir auch immer im Laboratorium zur Beurteilung der Böden anwenden, nicht auf den gesamten Acker zur Anwendung gelangen, sondern lediglich nur die Probe beurteilen, die uns eingeschickt wird. Wir reißen die auf dem Felde gezogene Probe aus ihrem Zusammenhange heraus und oft wird bei der zahlenmäßigen Bewertung vergessen, daß doch für die Beurteilung des Nährstoffgehaltes der Böden nicht nur die absoluten Werte, die uns die eine oder andere Methode liefert, maßgebend sind, sondern daß auch die Tätigkeit des Landwirts in der Bodenbearbeitung und Fruchtfolge und auch die klimatischen Faktoren so einschneidend sind, daß man sich unbedingt von jeder Schematisierung frei machen sollte.

Der Feldversuch vermag uns ja hier im großen und ganzen ein gutes Hilfsmittel an die Hand zu geben, und er wird aus diesem Grunde ja auch sehr oft als Eichmethode für unsere Laboratoriumsversuche verwandt. Aber auch hierin besitzen wir noch keine absolute Sicherheit, denn der Feldversuch sagt uns ja nur was im letzten Jahre war, er sagt uns nichts darüber, was im Vorjahre war und er sagt uns weiter auch nichts darüber, was in den folgenden Jahren sein wird, weil er ja immer nur die Nährstoffaufnahme widerspiegelt, wie sie unter den gegebenen Bedingungen des Versuchsjahres gewesen ist. Hier kann uns nur eine jahrzehntelange statistische Bearbeitung des gewonnenen Untersuchungsmaterials aus dem Feldversuch Aufklärung geben. Es ist auch hier nicht ganz richtig, wenn man zur Beurteilung einseitig nur den Dauerversuch oder den einjährigen Versuch heranzöge, sondern es muß hier unsere Aufgabe sein, den Wert des Feldversuchs als beratenden Faktor für die Beurteilung irgendwelcher landwirtschaftlichen Maßnahmen weitgehend zu studieren, denn erst dann kann er uns eine wertvolle Grundlage für die Eichung unserer Laboratoriumsmethoden sein.

Solange der Feldversuch also praktisch gesehen auch nur ein qualitatives Beurteilungsmittel für die Nährstoffbedürftigkeit des Bodens darstellt, solange wird es uns nach meinem Dafürhalten nicht möglich sein, irgendeine Methode zur Vergleichsmethode zu erklären, damit sie uns eine Eichgrundlage für unsere x-beliebigen Bodenuntersuchungsmethoden liefert. Sicherlich sind wir heute schon so weit, daß wir auf Grund der verschiedensten Methoden dem Landwirt beratend zur Seite stehen können. Voraussetzung dafür ist aber, daß wir die örtlichen Bedingungen kennen und bei Anwendung irgendeiner Laboratoriumsmethode die Ergebnisse nur örtlich auswerten.

*Arrhenius:* Meines Erachtens ist diese Zusammenarbeit zustande gekommen, nicht um eine Standardmethode auszuarbeiten, sondern im Gegenteil ein Wörterbuch für uns zu schaffen, daß wir unsere Arbeiten gegenseitig vergleichen können. Natürlich ist es eine schwierige Sache, eine solche Übersetzung zu machen. *Astrand* hat sich die Mühe gemacht, solche Übersetzungsversuche anzustellen dadurch, daß wir die Korrelationszahlen für die verschiedenen Methoden ausgearbeitet haben.

Natürlich sind die Korrelationszahlen keine Wertschätzung oder Wertbestimmung, sondern dienen nur zum Vergleich der einzelnen Methoden,



welche Methoden zusammen stimmen und welche nicht; z. B. stimmen die Aspergillusmethoden mit der Zitronensäuremethode sehr gut überein.

Es sind zwei Fragen, die Beratungs- und die wissenschaftliche Frage, die wir hier erörtern müssen. Jedenfalls wäre es sehr zweckmäßig, daß wir, wie *de Vries* vorgeschlagen hat, nicht nur die wissenschaftliche Frage des Problems diskutieren, sondern daß die einzelnen Herren auch angeben, welche Beratungen auf Grund der gefundenen Zahlen sie dem praktischen Landwirt geben können. Die Ergebnisse unserer Laboratoriumsmethoden müssen sich in ihrer Auswertung auf die praktischen Verhältnisse stützen.

*Mitscherlich* hat gesagt, daß der Untergrund für die Nährstoffversorgung der Pflanze eine große Rolle spiele. Die Pflanzen könnten Nahrung aus dem Untergrund aufnehmen. Meistens ist es doch so, daß der Untergrund und die Ackerkrume zumeist aus demselben geologischen Ausgangssubstrat bestehen. Die Krume ist nur gedüngt worden. Wir könnten vielleicht sichere Schlüsse aus der Analyse der Ackerkrume und des Untergrundes ziehen, was aber meistens praktisch nicht durchführbar ist. Ich muß *de Vries* zustimmen, daß wir unsere praktischen Beratungen auf den Feldversuch stützen müssen. Trotz aller wissenschaftlichen Ergebnisse und Untersuchungen müssen wir uns letzten Endes auf den Feldversuch verlassen.

*de Vries*: Wir freuen uns sehr, daß *Åstrand* sich der großen Mühe unterzogen hat, für die Phosphorsäureuntersuchungen alle Korrelationszahlen auszurechnen. Damit kann die Diskussion auf eine breitere Basis gebracht werden, da diese Berechnung gestattet, alle Methoden miteinander zu vergleichen. Meines Erachtens wäre es nicht zweckmäßig, eine Methode als Standardmethode zu wählen, da diese doch auch nur einen bestimmten beschränkten Aspekt bringt. Mit Berechnungen der zu gebenden Düngermasse brauchen wir uns meines Erachtens auch nicht lange aufzuhalten. Man kann in der Beratung doch nie absolute Zahlen angeben. Wir sollten uns hier mehr um das wissenschaftliche Studium kümmern und das Wesen der einzelnen Methoden vergleichen; und weiter die Ergebnisse der einzelnen Methoden mit der Reaktion des Gewächses in Beziehung bringen.

*Mitscherlich*: Wir müssen uns daran gewöhnen, mit relativen Werten zu arbeiten, die sowohl für gute und schlechte Witterung usw. Geltung haben. Auf dieser Basis beruht der Gefäßversuch. Es ist gleichgültig, wie nun der Gefäßversuch angesetzt wird, da es ja nicht auf die absolute, sondern auf die relative Ertragssteigerung ankommt. Die ideale Verteilung des Düngers liegt nur bei dem Volldüngungsgefäß vor, aber nicht bei dem Mangelgefäß, auf dessen Ertrag es ja bei der Beurteilung des Bodens in der Hauptsache ankommt. Wir müssen mit relativen Zahlen arbeiten! Wir ermitteln den prozentigen Mehrertrag durch eine bestimmte Düngung, und zwar ohne Rücksicht auf Jahreswitterung und dergl., also ohne Rücksicht auf die nicht zu beeinflussenden Wachstumsfaktoren.

Jeder pflanzenphysiologische Versuch gibt nur dann ein positives Resultat, wenn eine Ertragssteigerung festgestellt werden kann! Bemerken wir dagegen im Feldversuch keine Ertragssteigerung durch Dün-



gung, so wissen wir nicht, ob die Nährstoffe auch noch im nächsten Jahr für den Höchstertrag ausreichen (M. führt ein Beispiel als Beweis an). Wir bekommen nur einen Einblick in den Boden, wenn wir Ertragsdifferenzen bemerken. Diese kommen im Gefäßversuch stärker zum Ausdruck, weil die dabei angewandte Bodenmenge durch die Sandbeimengung bedeutend verringert wird. Die Krumentiefe und der Untergrund werden auf die Versorgung der Pflanze mit Nährstoffen gerade bei reicheren Böden am ehesten von Einfluß sein. Von einer Übereinstimmung in der Zusammensetzung des Krumenbodens mit dem Untergrunde im allgemeinen zu reden, dürfte doch nicht ganz richtig sein.

*de Vries:* Wenn ich vom Vergleich mit den Resultaten des Feldversuches rede, meine ich immer Feldversuche in genügender Zahl und in entsprechender Weise angelegt. Es hat nichts zu sagen, wenn ein einzelner Versuch keine Auskunft gibt; in der Reihe der nötigen Versuche wird auch dieses negative Resultat wichtig sein.

*Niklas:* Es ist zunächst die Frage, ob das praktische oder wissenschaftliche Interesse in den Vordergrund gestellt werden soll. Es erscheint zweckmäßig, zunächst die praktische Seite in den Vordergrund zu stellen und Feld- und Gefäßversuch als Vergleichsmaßstab heranzuziehen. Wir sind uns im klaren, nur auf pflanzenphysiologischem Wege zu endgültigen Resultaten kommen zu können, weil nur die Pflanzen die letzte Auskunft geben können. Neben der chemischen Bodenuntersuchung muß ohne Frage sowohl der Gefäß- als auch der Feldversuch bestehen. Die Festlegung der Phosphorsäure der Düngung läßt sich wohl kaum durch chemische Methoden auf praktisch gangbarem Weg nachweisen, während sie beim Gefäß- und Feldversuch deutlich zum Ausdruck kommt und desgleichen auf mikrobiologischem Wege.

*de Vries:* Es ist zum Studium der vorliegenden Frage nicht nötig, Feld- und Gefäßversuche nebeneinander zu haben. Wir haben bei unseren moorkolonialen Böden den Phosphorsäure-Haushalt nur an Feldversuchen eingehend studiert. Wir machen aber bei jedem Feldversuch gleichzeitig eine chemische Analyse von Boden und Gewächs; beides gehört zusammen; nur in der Weise kann man sich Einsicht in das Problem verschaffen.

*Allen:* Wenn wir durch unsere Bodenuntersuchungsmethoden relative Werte erhielten, dann wäre uns außerordentlich geholfen, und wir könnten tatsächlich unsere Methoden allgemein anwenden. Leider geben aber unsere sämtlichen Methoden, ob es sich um chemische Laboratoriumsmethoden, biologische Methoden, Topfversuche oder auch Feldversuche handelt, nur absolute Werte. Sie geben uns für Kali, Phosphorsäure oder auch Stickstoff Daten, die durch ein bestimmtes Lösungsmittel gewonnen werden, oder die durch die Energie der Pflanze unter gegebenen Bedingungen in Lösung gebracht werden. Wesentlich wäre für uns, aus diesen absoluten Werten mit Hilfe irgendeines Umrechnungsfaktors relative Werte zu gestalten. Erfahrungsgemäß wird dieser Weg ja dadurch beschritten, daß der Bodenuntersucher sich über die örtlichen Bedingungen genauestens Klarheit verschafft und die praktischen Erfahrungen des Landwirts mit bei der Auswertung seiner Ergebnisse berück-



sichtigt. Ob wir nun mit der einen oder anderen Methode arbeiten, sei sie chemisch oder biologisch, in jedem Falle ist das wirksame Aufschlußmittel die Wasserstoffionenkonzentration. Im Mitscherlich-Gefäßversuch können die Pflanzen auch nur durch Ausscheidung von Kohlensäure den Boden aufschließen. Genau so liegen die Verhältnisse auch im Neubauer-versuch. Nur ist die Wasserstoffionenkonzentration je Einheit Boden bei den beiden Methoden verschieden. Haben wir nun mit mehr Wasserstoffionen ein und denselben Boden aufgeschlossen, so geht jeweilig nach der Wasserstoffionenkonzentration mehr oder weniger von dem einen oder anderen Nährstoff in Lösung. Die Werte, die wir also durch unsere Methoden erhalten, sind abhängig von der jeweiligen Wasserstoffionenkonzentration. Je schwerer nun ein Boden wird, desto komplizierter wird der Lösungsvorgang, und es treten neben der reinen Lösung auch noch Austausch und Hydrolyse auf. Die letzten beiden chemischen Vorgänge sind vor allem bei schweren Böden die vorherrschenden. Bevor die rein chemischen Vorgänge, wie sie bei unseren Bodenuntersuchungen auf den Boden einwirken, nicht genauestens studiert sind, und bevor wir auch nicht wissen, welche Energiemengen in der Wasserstoffionenkonzentration ausgedrückt der Pflanzenbestand jeweilig zur Erzielung einer Ernte auf den Boden einwirken läßt, können wir nur vom rein wissenschaftlichen Standpunkte aus die Methoden untereinander vergleichen. Wie wir daraus wertvolle Anhaltspunkte für den Praktiker ableiten, ist dann eine ganz andere Sache.

*Mitscherlich:* *Alten* hat mich bezüglich der Relativität der Methoden mißverstanden. Ich führte aus, daß sowohl die Ergebnisse des Feldversuches als solche, wie ganz besonders die des Gefäßversuches als solche nicht in absoluten, sondern nur in relativen Werten angegeben werden. Wir geben die Ertragssteigerung, die wir durch Düngung mit einem Nährstoffe erzielen können, in Prozenten des Höchstertrages an. Ich sprach nur von diesen Methoden, nicht von einem „relativen Verhältnis“ der Ergebnisse der verschiedenen Methoden zueinander.

*Jacob:* Vor etwa zehn Jahren hat man von einer neuen Epoche in der Düngung gesprochen. Man glaubte, auf Grund der Bodenuntersuchung die Düngermenge je Hektar auf das Kilogramm genau angeben zu können. Von dieser Ansicht ist man abgekommen. Es ist uns klar, daß es unmöglich ist, mit einer Schnellmethode sicher zutreffende Werte zu erzielen. Das Urteil, welches wir fällen, hat nur eine gewisse Wahrscheinlichkeit für den Landwirt. Vorläufig halten wir uns an den Feldversuch.

*Bamberg:* Ich würde vorschlagen, den Feldversuch und den Gefäßversuch nach *Mitscherlich* als Vergleichsmethoden zu benutzen.

*de Vries:* Ich will nun eine Methode zeigen, in der der Feldversuch benutzt wird, um die Brauchbarkeit verschiedener Analysenmethoden zu prüfen. Wir nehmen dabei möglichst viele Feldversuche zusammen, studieren aber vorzugsweise Bodentyp für Bodentyp. So haben wir versucht, uns einen Einblick zu verschaffen über den Wert der verschiede-



nen Methoden zur pH-Bestimmung. Als Versuchspflanze haben wir dabei Roggen benutzt, weil diese Pflanze eine dazu sehr brauchbare Form der Ertragskurve hat, nämlich auf saurem Boden ziemlich steil, bei höherem pH nahezu horizontal. Im ersten Teil der Kurve kommen die Unterschiede, bedingt durch das pH, fast allein zum Ausdruck, während im zweiten Teil die Beobachtungsfelder bei der Ertragsbestimmung ausschlaggebend sind. Es stellt sich dabei heraus, daß die eine Methode der pH-Bestimmung deutlich enger mit den Ertragszahlen zusammenhängt als die anderen.

*Stewart:* Ich möchte anfragen, ob die pH-Bestimmungen während des ganzen Jahresverlaufes gemacht wurden, oder stets zum selben Zeitpunkt. Es ist doch bekannt, daß der pH-Wert im Laufe des Jahres Schwankungen unterworfen ist.

*de Vries:* Die Beobachtungen, welche hier vorgeführt wurden, sind alle im Herbst angestellt, da wir wissen, daß sich der pH-Wert im Jahre ändert, und zwar nach unseren Beobachtungen um 0.2 bis höchstens 0.6 Einheiten.

*Giesecke:* Wir haben Relationen zwischen den Schwankungen im pH-Wert und der Bakterienzahl im Boden feststellen können. Sie gelten zunächst für leichtere Böden.

*Arrhenius-Åstrand:* Wir haben viele Tagesbeobachtungen angestellt und sind dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß im Winter größere, im Sommer geringere  $P_2O_5$ -Mengen im Boden vorliegen infolge von bakterieller Tätigkeit. Der Phosphathaushalt hängt stark von der bakteriellen Tätigkeit ab und auch vom pH.

*Allen:* Wenn wir die einzelnen Methoden, die wir von den verschiedenen Mitarbeitern haben durchführen lassen, beurteilen wollen, so liegt zunächst die Notwendigkeit vor, uns über das Wesentliche der einzelnen Methoden Klarheit zu verschaffen. Wir müssen sehen, auf welche Weise wir die einzelnen Zahlen durch die verschiedenen Methoden erhalten haben, dann erst können wir zu einem größeren Vergleich ihrer Ergebnisse übergehen. Wir werden sonst aneinander vorbeireden; das Wesentliche ist, festzustellen, wie wir die Werte bekommen haben.

*Dreyspring:* Ich möchte vorschlagen, daß wir uns nun klar werden über die Zusammenhänge zwischen Bodenreaktion, Pflanzenwachstum und Bodenuntersuchung; denn für die Ermittlung der pflanzenverwertbaren Nährstoffe im Boden ist die  $H^+$ -Konzentration, bei der die Laboratoriumsuntersuchung durchgeführt wird, von erheblichem Einfluß.

Bedenken wir, daß die Reaktionswerte unserer besten Kulturböden nahe beim Neutralpunkt liegen, daß das beste Bakterienwachstum zwischen pH 6—7 erfolgt, daß ferner im pH-Bereich 5.5—7.5 sämtliche Kulturpflanzen optimal zu gedeihen vermögen und diese Reaktionsbreite auch den besten physikalischen Bodenzustand verbürgt, so ergibt sich, daß es nicht zweckmäßig sein kann, wenn als Lösungsmittel, wie bisher oft, organische oder anorganische Säuren verschiedener Konzentration verwendet werden, also die Nährstoffbestimmung bei sehr hohen  $H^+$ -Konzentrationen (pH 2—4) durchgeführt wird.



Auf diese Weise werden z. B. alle Böden, die sich bereits in gutem Kalkzustand befinden, in Reaktionsbereiche hineingezwungen, die in „Kultur“-Böden nie anzutreffen sind und nie vorhanden sein dürfen. Dabei werden — besonders im Falle der Phosphorsäure — oft schon schwererlösliche Nährstoffreserven erfaßt, die unter normalen Verhältnissen den Pflanzen noch gar nicht zugänglich sind.

Es kann auch kaum richtig sein, daß die bei so hoher  $H^+$ -Konzentration erhaltenen Werte dann einfach auf die normalen Reaktionsverhältnisse der Böden bezogen werden; denn die Löslichkeit der Boden- $P_2O_5$  ist, je weiter man sich von dem Intervall pH 5.5—7.5 nach oben oder unten entfernt, wesentlich anders wie innerhalb dieses Gebietes.

In diesem pH-Intervall kann die Löslichkeit der Phosphorsäure nur verhältnismäßig geringen Schwankungen unterworfen sein; denn in ihm liegt sie hauptsächlich vor in Form des stark puffernden Vierkomponenten-Systems primäres Phosphat + Bicarbonat  $\lesssim$  sekundäres Phosphat + freie Kohlensäure. Dieses System bildet sich aber bei Einwirkung unseres Lösungsmittels auf den Boden heraus. Wir verwenden als lösendes Agens  $CO_2$ -gesättigte n/10  $Mg(HCO_3)_2$ -Lösung. Diese besitzt einen pH-Wert von 6.45—6.55 und so stark puffernde Eigenschaften, daß sie alle Böden, ganz gleich ob diese stark sauer oder beträchtlich alkalisch sind, in den engen Reaktionsbereich pH 6.85—7.15 überführt. Während des ganzen Lösungsvorgangs herrscht dabei pH-Konstanz.

*de Vries:* Ich wüßte nicht, warum man die Böden in einem pH-Bereich zwischen 6.5—7 untersuchen sollte in Fällen, worin die tatsächliche und erwünschte Bodenreaktion bei pH 5—5.5 liegt und dabei auch die Höchsterträge erzielt werden.

*Giesecke:* Wir haben verschiedene Schnellmethoden an 71 Böden geprüft. Wir haben mit 14 Methoden auf Phosphorsäure und 14 Methoden auf Kalibedürftigkeit geprüft. Wenn der pH-Wert unter 5.5 liegt, dann erübrigt sich jede Bodenuntersuchung bezüglich der Düngerbedürftigkeit. Wir müssen uns an die Verhältnisse halten, die die Pflanze verlangt. Wir haben an diesen 71 Bodenproben einwandfrei feststellen können, daß es indiskutabel ist, Nährstoffbedürftigkeit festzustellen, wenn der Reaktionszustand des Bodens nicht geregelt ist. Der Reaktionszustand des Bodens ist die Grundlage für die Düngung. Wir sind soweit gegangen, daß wir unsere Untersuchungsanstalten angewiesen haben, immer vom pH-Wert auszugehen. Es hat keinen Zweck, eine zusätzliche Prüfung auf Nährstoffbedürftigkeit vorzunehmen, solange der Reaktionszustand nicht geregelt ist.

*Dreyspring:* Im Überblick sehr vieler Bodenuntersuchungen haben wir in Übereinstimmung mit anderen festgestellt, daß die pflanzenschädliche Austauschazidität durchweg erst bei pH-Werten  $< 5.5$  (wäss. Susp.) auftritt. Der von *Giesecke* angegebene pH-Grenzwert von 5.5 dürfte auf diese Feststellung wohl zurückzuführen sein. Kalk ist ohne Zweifel das Fundament der Düngung. Die Rentabilität der  $P_2O_5$ -Düngung hängt weitgehend vom Kalkzustand der Böden ab. Zahlreiche von uns durchgeführte Untersuchungen von stark sauren Böden, auf denen Versuche mit steigenden Kalkgaben liefen, haben ergeben, daß mit Ver-

besserung der Kalkgrundlage nicht nur die Boden- $P_2O_5$  mobilisiert, sondern auch die Dünger- $P_2O_5$  im Boden geringer festgelegt wird, also in höherem Maße pflanzenverfügbar bleibt. Die  $P_2O_5$ -Aktivierung durch Kalkung erfolgte dabei zumeist erst, wenn der Schwellenwert pH 5.5 (KCl-Susp.) erreicht und überschritten wurde. Um die Wirkung einer Phosphorsäuredüngung möglichst sicherzustellen, ermitteln wir deshalb bei sauren Böden neben dem  $P_2O_5$ -Zustand regelmäßig auch durch elektrometrische Titration mit Kalkwasser die Kalkmengen, welche bis zur Erreichung des pH-KCl-Wertes 6.0 erforderlich sind.

*de Vries:* Ich muß entgegnen, daß ich eine Grenze von pH 5.5 in diesem Sinne für unsere Humus-Sand-Böden nicht anerkennen kann; auf diesen Böden liegt das Optimum für Roggen—Kartoffel bei pH 5.2 und die von *Giesecke* gemeinte Grenze bei pH 4.6 oder 4.8. Natürlich nehme ich gerne an, daß für die deutschen Böden pH 5.5 angesetzt werden muß.

*Giesecke:* Wir haben den pH-Wert in Wasser bestimmt; nach welcher Methode wurde er in Holland bestimmt? Wenn nach der KCl-Methode, dann entspricht pH-Wasser 5.5 gleich pH-KCl 5.2.

*de Vries:* Gemeint ist pH in Wasser.

*Mitscherlich:* Bevor wir weiter in die Diskussion der verschiedenen Methoden eintreten, müssen wir uns zunächst darüber klar werden, ob wir das Bodenvolumen oder das Bodengewicht als Bezugsgröße verwenden wollen bzw. verwenden müssen.

Das Bodengewicht nehmen bislang alle Laboratoriumsmethoden als Ausgangseinheit; das Bodenvolumen der Gefäßversuch, unsere pflanzenphysiologische Vergleichsmethode. Das letztere hat den unbedingten Vorteil, daß es sicherer ist, da das Volumenmaß Boden je nach der Struktur des Bodens dauernden Wechseln unterworfen ist. — Es wäre nun gleichgültig, welche Ausgangseinheit wir wählen, wenn das Volumenmaß Boden bei allen Bodenarten ungefähr das gleiche Gewicht aufwiese und sich hier nur durch die verschiedene Lagerung des betreffenden Bodens unterscheiden würde. Das ist nun leider aber nicht der Fall; insbesondere trifft es wohl für die verschiedenen Mineralböden noch einigermaßen zu, differiert aber gegen diese wesentlich bei den humushaltigen Bodenarten.

Wenn wir nun aber eine Bodenanalyse als maßgebend ansehen wollen, so muß diese naturgemäß für sämtliche Bodenarten Gültigkeit haben; wir können so nicht eine besondere für Mineralböden und eine besondere wieder für Humusböden ausarbeiten; denn zwischen Mineralböden und Humusböden gibt es ja bekanntlich auch alle Übergänge, so daß damit der Willkür Tür und Tor geöffnet wäre!

Pflanzenphysiologisch kommt vom Boden naturgemäß das Bodenvolumen in Betracht, denn in diesem Volumen wachsen unsere Pflanzenwurzeln, hier (im Hohlraumvolumen) nehmen sie das erforderliche Wasser und mit diesem die nötigen Nährstoffe auf, ... berücksichtigen wir dann später noch die verschiedenen tiefen Bodenschichten, so wird damit auch bereits die Volumeneinheit des Bodens als maßgebend angesehen werden müssen! — Wir werden also für alle unsere Ergebnisse,



selbst wenn wir sie je Gewichtseinheit des trockenen Bodens feststellen, um damit eine Ausgangseinheit zu haben, die man jederzeit wiederfinden und wiederbenutzen kann, mit der man also bei Wiederholung der Versuche stets das gleiche Ergebnis erwarten muß, auf das Bodenvolumen umzurechnen haben, und somit die Volumenmaßeinheit Boden, d. h. die in einem Volumenmaß befindliche Gewichtsmenge des trockenen Bodens zu bestimmen haben. Schon hierfür müßten wir uns auf eine einheitliche Methode einigen, und es tut mir hier leid, daß nicht auch Vertreter unserer I. Kommission hierzu an unseren Sitzungen teilnehmen; doch möchte ich bitten, diese Frage zunächst einmal zur Diskussion zu stellen.

*Bamberg:* Das Volumengewicht des Bodens ist keine konstante Größe. Ich schlage vor, bei den Untersuchungen das Gewicht als Ausgangseinheit anzunehmen. Zur Umrechnung auf das Volumengewicht muß ein Ausgleichsfaktor dienen. Bei chemischen Untersuchungen wird man mit dem Gewicht arbeiten müssen.

*de Vries:* Wir beziehen die Analyse auf das Gewicht. Es scheint uns dies das richtige Vorgehen. Das Volumengewicht des Bodens ist im Laufe des Jahres nicht konstant, sondern wechselt durch die Bodenbearbeitung usw.; man denke sich nur einen Getreideschlag vor der Saat und nach der Ernte. Außerdem ist die Volumengewichtsbestimmung ziemlich ungenau; mit dem Einfüllen und Schütteln sind ziemlich große Fehler verbunden, welche Differenzen zu 1–5 % verursachen. Wir machen die chemische Analyse nach Gewicht und rechnen nachher mittels Volumengewicht und Krumendicke auf den Hektar um.

*Mitscherlich:* Ich möchte mich über die Bestimmung des Bodenvolumens hier nicht weiter auslassen. Wir haben dafür jetzt ein eigenes Bohrgerät konstruiert, welches ich Ihnen gelegentlich vorführen werde (1).

*Alten:* Bei der chemischen Untersuchung soll man niemals vom Volumen ausgehen. Wie wir nachher umrechnen, ist eine andere Frage. Zweckmäßig ist es, den Standpunkt von *de Vries* zu vertreten und vom Bodengewicht auszugehen.

Wir müssen uns bei der Beratung der Praxis zunächst damit begnügen, in einzelnen Gebieten die Methoden anzuwenden, mit denen wir auch rein praktische Erfahrungen verbinden können. Ich halte es für außerordentlich gefährlich, vergleichende Bodenuntersuchungen an verschiedenen Bodentypen durchzuführen, ohne der Frage rein wissenschaftlich nachzugehen.

*Dreyspring:* Die Tatsache, daß der Feld- und Gefäßversuch das Bodenvolumen, die Laboratoriumsmethoden dagegen das Bodengewicht als Ausgangspunkt für die Ermittlung des Nährstoffbedarfs haben, ist bei der Übertragung der Untersuchungsbefunde von Schnellmethoden auf Feldverhältnisse bislang vielfach übersehen worden.

Es ist sehr zu begrüßen, daß *Mitscherlich* hier nochmals auf diese Unzulänglichkeit zu sprechen kommt, auf die er bereits in verschiedenen Veröffentlichungen nachdrücklich hinwies. *Mitscherlich* (2) betont, daß zur Erzielung eines besseren Kontakts wenn möglich auch bei der



laboratoriumsmäßigen Ermittlung des Nährstoffvorrats vom Volumengewicht ausgegangen werden müßte. Die gleiche Forderung hat vor Jahren ebenfalls *Dworak* (5) aufgestellt. Er sieht in ihrer Erfüllung einen Umstand, der die Verlässlichkeit der Schnellmethoden zu steigern vermag.

Wir haben uns diesen Hinweisen nicht verschließen können und beabsichtigen, bei unserer Schnellmethode künftighin nicht mehr vom Gewicht, sondern vom Volumen des Bodens auszugehen. Es treffen dann statt 20 g Boden 20 ccm Boden auf 100 ccm Lösungsmittel.

*Allen*: Soweit wir es mit Mineralböden zu tun haben, könnte man unter Umständen mit dem Volumengewicht arbeiten. Bei Moorböden, bei denen wir zu einem spezifischen Gewicht von beinahe 1—1,2 kommen, werden die Verhältnisse sehr unübersichtlich, wenn wir nicht vom Gewicht ausgehen. Nach meinem Dafürhalten ist es das zweckmäßigste, daß wir uns darauf einigen, vom Gewicht auszugehen. Wir arbeiten hier erst wissenschaftlich, wir wollen vorläufig die Methodik festlegen.

*Mitscherlich*: Es ist etwas anderes, wenn wir 100 g Boden nehmen und extrahieren sie z. B. mit 500 ccm Flüssigkeit, ob wir es dabei mit einem Mineral- oder mit einem Humusboden zu tun haben. Volumemäßig wird das Verhältnis von Boden : Wasser ein grundverschiedenes sein! Die Pflanze wächst im Volumen, nicht in der Masse des Bodens!

*de Vries*: Zu welchem Zeitpunkt wollen Sie das Volumengewicht bestimmen, da es ja im Laufe des Jahres stark schwankt?

*Mitscherlich*: Nach meinem Dafürhalten, wenn der Boden am dichtesten gelagert ist, weil die Bodenstruktur dann die engste ist, und somit die Beobachtungsfehler am geringsten werden.

*de Vries*: Dann sind aber die Verhältnisse für die Pflanzen am wenigsten günstig.

*Bambergers*: Wir müssen mit einem mittleren Volumengewicht und einem Ausgleichsfaktor arbeiten.

*Dreyspring*: Wir sind nicht in der glücklichen Lage, nur Böden aus einigen bekannten Provinzen oder Landstrichen des eigenen Landes zur Untersuchung zu bekommen, sondern wir erhalten die Bodenproben aus allen 25 Ländern zugesandt, die unserer internationalen Vereinigung angehören. Wir müssen also alle Bodenarten in der bunten Reihenfolge ihres Eingangsdatums untersuchen. Das Volumenverhältnis von Boden : Lösungsmittel wechselt hierbei ununterbrochen. Es pendelt bei einer festen Einwaage von 20 g zwischen 12 : 100 und 50 : 100; denn 20 ccm gut lufttrockener Boden (1 mm gesiebt) wiegen zwischen 52 und 8 g. Die Bodenmengen, welche auf jeweils 100 ccm des Lösungsmittels treffen, sind also je nach Bodenart sehr verschieden. Infolge dieser dauernden Änderung des Löslichkeitsverhältnisses sind auch die in Lösung übergeführten Nährstoffmengen recht unterschiedlich und die erzielten Ergebnisse dann in schlechte Übereinstimmung mit denen des pflanzenphysiologischen Versuchs zu bringen.

Dieser Nachteil läßt sich massenanalytisch nicht dadurch beheben, daß man nun eine besondere Analysenmethode für Mineralböden und eine für Moorböden oder eine für leichte und eine für schwere Böden anwendet. Wir brauchen vielmehr entsprechend der von *Mitscherlich* vertretenen Auffassung ein Untersuchungsverfahren, das für sämtliche Bodenarten mit gleich guter Aussicht auf Erfolg anwendbar ist.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen sind wir der Überzeugung, daß das von uns geübte Verfahren diese Leistung vollbringt.

*Niklas*: Das Gewicht ist für uns eine konstante Größe. Es muß beibehalten werden, sonst verlieren wir u. a. auch den Anschluß an die Literatur. Das Volumen ist sehr wertvoll, aber vom chemischen Standpunkt aus ist die Gewichtsbestimmung vorzuziehen.

*Arrhenius*: Vom pflanzenphysiologischen Standpunkt aus betrachtet, müßte man von dem Volumen ausgehen, welches die Wurzeln durchwachsen. Das ist aber sehr schwierig, weil das durchwurzelte Volumen nicht bekannt ist. Wir müssen mit Hilfe von verschiedenen Korrelationsfaktoren Bodengewicht und durchwurzeltes Bodenvolumen miteinander in Beziehung bringen.

*v. Boguslawski*: Ich wollte an *Dreyspring* die Frage stellen, ob er bei Anwendung des Volumengewichtes vom gewachsenen Boden oder von der abgesiebten und damit veränderten Bodenprobe ausgeht?

*Dreyspring*: Wir gehen bei unserer Schnellmethode selbstverständlich immer aus von der gut lufttrockenen durch 1 mm-Sieb getriebenen Bodenprobe.

*Alten*: Selbstverständlich wäre es wertvoll, wenn wir vom Bodenvolumen ausgehen könnten. Ich weiß nicht, wie die Bestimmung des Volumengewichtes in einwandfreier Form bis jetzt durchgeführt worden ist. Wenn wir das Bodenvolumen als Basis nehmen wollen, müssen wir eine bestimmte Methode haben. Ich will mich an diesen Untersuchungen gern beteiligen. So einfach ist die Sache nicht, daß man vom abgesiebten Boden ausgehen kann, denn da spielt das Volumengewicht kaum mehr eine Rolle. Wir müssen so arbeiten, daß wir vergleichbare Werte erhalten. Wenn *Dreyspring* volumenmäßig gearbeitet hat, sind seine Werte mit den übrigen nicht vergleichbar.

*Dreyspring*: Die hier zum Vergleich stehenden 122 internationalen Böden sind selbstverständlich noch gewichtsmäßig untersucht. Volumenmäßig arbeiten wir vorläufig erst probeweise in Parallele, um Erfahrungen zu sammeln.

*de Vries*: Ich stimme mit *Alten* überein, daß das Bodenvolumen eine wichtige Eigenschaft ist, und daß es sehr erwünscht ist, daß Untersuchungen vorgenommen werden, wie es tatsächlich im Felde mit Boden-, Wasser- und Luftvolumen steht. Dies ist aber etwas anderes, als wir jetzt diskutieren, nämlich welches Verhältnis man zwischen Boden und Lösungsmittel nehmen soll: Immer dasselbe Bodengewicht oder immer dasselbe Bodenvolumen?



*Dreyspring:* Ich habe die Frage der Benutzung des Bodenvolumens selbstverständlich nur aufgeworfen unter dem Gesichtspunkt, ob dieses als Ausgangsgrundlage für Schnellmethoden besser geeignet ist als das bislang verwendete Bodengewicht. Wir glauben, einen besseren Kontakt mit dem pflanzenphysiologischen Versuch, also eine bessere Übertragung unserer Laboratoriumswerte auf Feldverhältnisse zu bekommen, wenn wir das Volumen-Verhältnis von Boden zu Lösungsmittel möglichst konstant halten, also bei unserer Schnellmethode künftighin immer 20 ccm Boden auf 100 ccm n/10 Mg (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub>-Lösung treffen lassen. Selbstverständlich kann hierbei als Ausgangsmaterial nur die entsprechend vorbereitete Durchschnittsprobe dienen. Sämtliche Schnellmethoden — einschließlich der Keimpflanzenmethode von *Neubauer* — gehen doch von der 2 oder 1 mm abgesiebten lufttrockenen Bodenprobe aus. Die größeren Bodenanteile finden bei einigen von ihnen, so auch bei der unsrigen, Berücksichtigung durch Verrechnung der prozentualen Siebrückstände (Steine, Wurzelreste usw. < 10 mm).

*Niklas:* Die Bodenprobe, die wir chemisch untersuchen, ist ein Laboratoriumsprodukt. Die natürliche Form ist durch das Zerkleinern des Bodens vollkommen zerstört, und es hat keinen Zweck, das Volumen dieses Laboratoriumsproduktes heranzuziehen.

*Jacob:* Bei der Analyse selbst ist es belanglos, ob wir vom Bodenvolumen oder Bodengewicht ausgehen. Schwierig wird die Frage dann, wenn wir zur Umrechnung kommen. Ich muß wissen, wie ich von meinem Gewicht von 10 oder 100 g umrechnen kann, und wie groß die der Pflanze zur Verfügung stehende Nährstoffmenge ist.

*Zucker:* Es ist nicht ganz einfach, für einen Bodentyp eine Durchschnittszahl zu bestimmen. Das Volumengewicht muß fast in jedem einzelnen Fall bestimmt werden.

*de Vries:* Wir können doch bei allen Böden die Analysenzahlen nicht in einheitlicher Weise interpretieren, sondern müssen für den einzelnen Bodentyp unsere Schlüsse aufstellen. Obgleich wir, wie gesagt, bei der Analyse bewußt vom Gewicht des Bodens ausgehen und dies für das einzig richtige halten, wird bei unseren Untersuchungsmethoden nicht immer das gleiche Gewicht an Boden genommen. In einigen Fällen wird soviel Boden abgewogen als ein bestimmtes Gewicht an absorbierender Substanz enthält. So wird bei der Kalibestimmung in Humus-Sand-Böden soviel Boden abgewogen als 625 mg Humus (bestimmt als Glühverlust des bei 105° C getrockneten Bodens) entspricht, und diese Menge mit 300 ccm Flüssigkeit behandelt. Das Verhältnis Humus : Lösungsmittel wird also konstant genommen, weil wir den Kalispiegel des Humus bestimmen wollen. Bei Tonböden, wo auch die Mineralkomplexe an der Basenabsorption beteiligt sind, können wir diese Methoden nicht anwenden.

*v. Boguslawski:* Pflanzenphysiologisch gesehen ist das Verhältnis von Pflanze und Pflanzenwurzeln zu Boden wechselnd. Es hängt von der Pflanzenart, von der Krumentiefe, vom Bodentyp und dem Wasserhaushalt ab. Deshalb ist auch der zweite aufgeworfene Gesichtspunkt, das Verhältnis von Lösungsmittel zu Boden noch nicht spruchreif. Indem

wir jetzt diese komplizierte Frage aufwerfen, entfernen wir uns wieder vom Prinzip der Schnellmethode. Es wird m. E. nicht die Möglichkeit bestehen, das jeweilige natürliche Verhältnis von Boden zu Pflanze in einer Schnellmethode nachzuahmen.

*Allen:* Ein wesentlicher Faktor wäre der, daß wir uns erst einmal über die Probeentnahme auf dem Felde unterhalten und feststellen, auf welchem Standpunkt die einzelnen Herren stehen.

*Mitscherlich:* Nach meinem Dafürhalten kommen zwei Momente in Betracht: a) die Tiefe der Krume, b) die Anzahl der Probestellen. Was nun die Tiefe der Probeentnahme anbelangt, so muß man berücksichtigen, daß die unterste Schicht nicht so gut durchmengt ist, wie der Krumenboden, der seit Jahrhunderten umgearbeitet wird. Man muß speziell die Entnahme im Krumenboden beobachten. Wir bekommen bei der einzelnen Probeentnahme, wenn wir nicht bis zum Untergrund hineingehen, eine gute Durchschnittsprobe, wenn wir an jeder Stelle eine bestimmte Menge bis zu einer bestimmten Tiefe herausziehen. Ich habe gefunden, daß der Fehler, der bei der Probeentnahme gemacht wird, nicht viel größer wird, wenn auf ein Hektar 100, 50 oder auch nur 25 Proben entnommen werden.

Sie müssen nur in gleichen Abständen über die ganze Fläche verteilt entnommen werden. Es ist selbstverständlich, daß man bei einer derartigen Probeentnahme bei mittlerem Boden einzelne Lehmkuppen wegläßt, weil man die Lehm Böden mit Stallmist stärker verarbeitet, ebenso läßt man Moorlöcher weg. Sonst dürfte es aber genügen, wenn wir 25—50 Bodenprobeentnahmestellen je Hektar nehmen. Die Untersuchung des Untergrundes ist eine andere Sache. Auch bei größeren Flächen genügt eine Probeentnahme aus der Ackerkrume an 50 Stellen bei gleichmäßigem gegenseitigem Abstände.

*Dreyspring:* Um einen Überblick in den Phosphorsäurezustand tieferer Bodenschichten zu bekommen, untersuchten wir im Laufe der letzten Jahre nach unserem Verfahren eine größere Anzahl von Profilproben aus verschiedenen Ländern. Die Befunde von 115 Bodenprofilen haben wir bereits 1954 bekanntgegeben (4).

Im Überblick des untersuchten reichhaltigen Bodenmaterials ergab sich folgendes:

- a) Die Krume enthält — fast ausnahmslos — wesentlich mehr leichtlösliche Phosphorsäure als der Untergrund. Dieser tritt als Phosphorsäurequelle gegenüber der Ackerkrume stark zurück, trägt also in viel geringerem Maße zur Ernährung der Pflanzen bei als jene.
- b) Bis auf ganz wenige Ausnahmen, die eigentlich nur die Regel bestätigen, ist schon die Übergangsschicht wesentlich phosphorsäureärmer als die bearbeitete und gare Krume. In den wenigen Fällen, wo die Zwischenschicht noch etwa den gleichen Phosphorsäuregehalt wie die Krume aufweist, zeigt sich dann im Untergrund aber ein deutlicher Abfall.
- c) In der Krume befindet sich der Hauptteil der leichtlöslichen Phosphorsäure in der obersten tätigen Schicht bis zur Tiefe von 5 bis 10 cm.



Man sollte deshalb in allen Fällen, wo die Düngung durch Eineggen nur in die oberste 4—5 cm starke Schicht eingebracht wurde, oder die Düngung direkt auf den Kopf der Pflanze gegeben, also lediglich auf die Oberfläche des mit Pflanzen bestandenen Bodens ausgestreut wurde, oder ein Unterbringen der Düngung wegen geschlossener Narbe — wie bei Wiesen und Weiden — nicht möglich ist, nicht einfach aus der gesamten Krumentiefe nur eine Mischprobe entnehmen, sondern statt dessen

die erste Probe aus der durch Düngung meist angereicherten obersten Schicht (bei Wiesen und Weiden aus der Narbe) bis zu einer Tiefe von 5—10 cm,

die zweite Probe aus der darunterliegenden Krumeschicht (bis zur Pflugsohle),

die dritte Probe aus dem anschließenden Untergrund (mit Angabe der Tiefe).

*de Vries:* Bei uns werden 12—15 Stichproben je Versuchsparzelle entnommen. Bei Ackerland bis zur Krumentiefe (also die Schicht, die jährlich umgearbeitet wird), und zwar lieber ein Zentimeter weniger tief, als daß Untergrund mitgenommen wird; wenn erwünscht, der Untergrund gesondert. — Soweit gute und schlechte Stellen bekannt sind, werden diese gesondert bemustert. Beim Grasland lautet bei uns die Vorschrift so, daß eine Probe bis zu 5 cm, eine von 5—10 und eine von 10—20 cm entnommen wird. Diese genaue Probeentnahme wird bei Grasland im allgemeinen nicht durchgeführt, sondern man begnügt sich zumeist mit der obersten Schicht, 0—5 cm. Die Phosphorsäure bleibt meistens in der obersten Schicht. Kali verteilt sich rascher bis zur Tiefe von 20 cm.

*Mitscherlich:* Wir haben die Sache so geprüft, daß wir auf einer bestimmten Fläche in je 10 m Abstand eine Probe entnommen und untersucht, das Mittel gebildet und den Fehler der Einzelbeobachtung ermittelt haben. Wir haben von den 100 Proben jede zweite weggelassen, und zwar so, daß wir 50 Proben in etwas weiterem Quadratverband von je 14,5 m erhalten und in gleicher Weise die 50 weggelassenen Probeentnahmestellen-Ergebnisse zusammengefaßt haben. Wir haben dann bei einem noch weiteren Quadratverbände von  $20 \times 20$  m bei nur 25 Entnahmestellen den Fehler der Einzelbeobachtung berechnet, und zwar durch viermalige Zusammenfassung von je 25 Ergebnissen. Der Fehler wurde erst bei 25 Probeentnahmen etwas größer. Ich lasse bei uns in der Praxis die Proben von ca. 50 Stellen zu einer Mischprobe vereinigen.

*Allen:* Wenn man nach *Mitscherlich* an 50 Stellen Proben entnehmen muß, um zu einer guten Durchschnittsprobe zu kommen, dann hört der Begriff „Schnellmethode“ damit auf. Wenn wir schon eine derartig umständliche Probeentnahme auf dem Felde vornehmen müssen, dann können wir uns auch eine anständige Untersuchung im Laboratorium leisten.

*Niklas:* Es besteht die Möglichkeit, durch zahlreiche Probeentnahmen zu einer verhältnismäßig guten Durchschnittsprobe zu kommen. Auf einem sehr ungleichmäßigen Grundstück wird sich aber dabei ein un-

richtiges Bild ergeben. Eigentlich muß hier auch die Düngung dementsprechend verabreicht werden.

*Arrhenius:* Ich halte das Mischprobennehmen für zu gefährlich, weil es sein kann. — und es kommt bei uns in Schweden oft vor —, daß die Verschiedenheit innerhalb der Schläge sehr groß ist. Wir müssen jede einzelne Probe untersuchen und in Karten eintragen, dann können wir über die Variationen der Böden etwas aussagen. Mischproben zu nehmen, hieße einen vollkommen theoretischen Mittelwert zu schaffen; es gäbe uns vollkommen falsche Schlüsse über die Beschaffenheit des Bodens. Wenn wir von 1 ha 25 Einzelproben entnehmen und mischen diese, so werden wir nur eine einheitliche Mischprobe erhalten, während die Variationen des Ackerbodens außerordentlich groß sein können. Es ist der große Vorteil der Schnellmethode, daß man viele Proben des gleichen Grundstücks untersuchen kann. Für die Praxis nehmen wir vorläufig ein bis zwei Proben vom Hektar. Wenn wir einen Hof von 100 Hektar haben, so können wir uns mit 100 oder 150 Proben begnügen, das hängt also ab von der Größe des Hofes. Aber eine Mischprobe zu machen, halte ich für vollkommen ausgeschlossen.

*Alten:* Wir haben in unserer Versuchsstation auf 20 qm großen Parzellen Bodenprobenentnahmen durchgeführt und haben beim Vergleich der verschiedensten Methoden festgestellt, daß sie tatsächlich bis zu 500 % Differenzen aufweisen. Es handelt sich hier natürlich um die Entnahme von einzelnen Proben und nicht von Mischproben. Bevor wir also zum Vergleich der einzelnen Methoden untereinander kommen, ist es wesentlich, ganz bestimmte Wege bei der Entnahme der Mischproben zu gehen, damit die Resultate untereinander vergleichbar sind. Die Mischprobe, die wir bekommen, muß also eine Mischprobe sein und unbedingt den mittleren Nährstoffgehalt der Böden angeben. Bevor wir diese Voraussetzung nicht erfüllt haben, sehe ich keine Möglichkeit, zu einer Schnellmethode zu kommen, die für alle Fälle anwendbar ist.

*Niklas:* Wir müssen selbstverständlich Mischproben nehmen. Wir müssen aber bei der Auswertung der Untersuchung auch die Standort- und Bodenverhältnisse entsprechend berücksichtigen.

*de Vries:* Der Landwirt kann ein bestimmtes Grundstück doch nur einheitlich düngen, weshalb man für ein solches Stück ruhig mit einer Durchschnittsprobe arbeiten kann. Wir machen Fehler nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung. Der zugesetzte Dünger ist nie homogen im Boden verteilt, sondern stets sehr inhomogen, und wir müssen uns grundsätzlich abgewöhnen, den Boden als etwas Homogenes zu betrachten. Bei Grasland ist die Verteilung der Phosphorsäure in vertikaler Richtung besonders inhomogen. Wir haben Graslandparzellen zentimeterweise untersucht. Dabei konnten wir feststellen, daß der Phosphorsäuregehalt unterhalb 5 cm rapide abnahm. Wenn wir nun die so gefundenen Phosphatzahlen der obersten 10 cm zusammenzählten, erhielten wir eine Durchschnitts-P-Zahl von 3,7. Wenn wir aber eine Durchschnittsprobe der gleichen Parzelle bis zu 10 cm Tiefe entnahmen, fanden wir eine P-Zahl von 1. Durch das Mischen der ganzen Bodenschicht von 10 cm wurde also während der Analyse ein Teil der lös-



lichen Phosphorsäure der oberen 5 cm durch die tieferen Schichten festgelegt (6).

Bei der pH-Bestimmung hat dies nicht so viel zu sagen, wie man an der angegebenen Stelle sehen kann. Die Phosphorsäure ist im Boden niemals regelmäßig verteilt.

*Mitscherlich:* Die Mischungsprobe kann natürlich nichts über die Gleichmäßigkeit des Grundstücks aussagen. Der Mischungsfehler ist von Fall zu Fall verschieden.

*Giesecke:* Auf unserem Versuchsfeld in Berlin-Dahlem haben wir bei leichtem Boden Gelegenheit gehabt, das Gegenteil von einer Festlegung in der Oberschicht festzustellen. Wenn wir keinen Humus haben, dann wandert die Phosphorsäure ebenso wie Kali und Stickstoff. Wir haben mit allen angewandten Methoden festgestellt, daß alle Böden sehr düngesbedürftig sein müßten. Wir haben feststellen können, daß im Laufe der Zeit alle Nährstoffe heruntergingen bis zu einer Schicht von 1,5—2 m. Die Bodenuntersuchungen bzw. die Probenentnahme haben uns im Stich gelassen. In so katastrophalen Einzelfällen müssen wir uns schon der Mühe unterziehen, von Fall zu Fall der Sache auf den Grund zu gehen.

Dieser Fall ist so absurd, daß wir jetzt sehr vorsichtig geworden sind, denn wir erzielen durch Mineraldüngung keine Mehrerträge, da die angebauten Pflanzen mit ihrer Wurzel sehr tief gehen und sich im Untergrund mit den nötigen Nährstoffen versorgen. Wenn Sie die Probenentnahme regeln und für alle Mitglieder verpflichtend machen wollen, dann nehmen Sie einen Passus auf, daß in solchen Fällen, in denen der Feldversuch unseren Untersuchungsmethoden entgegensteht, eine exakte Prüfung der ganzen Verhältnisse erfolgt.

*Dreyspring:* Um die Wanderung der Phosphorsäure in tiefere Bodenschichten zu verfolgen, führten wir außer den vorhin erläuterten Profiluntersuchungen auch Eindringungsversuche auf unbewachsenen Böden aus, die in diesem Jahre in erweitertem Maße fortgesetzt werden.

Wir fanden in Übereinstimmung mit *O. de Vries* (6) und *O. Franck* (7), *F. Sekera* (8) und *Lindsey* und *Brown* (9), sowie mit unseren ausgedehnten Untersuchungen an vielen Bodenprofilen nur recht geringe Eindringtiefen.

Es überrascht deshalb sehr, von *Giesecke* zu hören, daß auf seinem Dahlemer humusarmen Versuchsboden die Düngerphosphorsäure bis zu einer Tiefe von 1,5 bis 2,0 m eindringen soll. Jedenfalls liegt hier einer jener Ausnahmefälle vor, die sich nicht verallgemeinern lassen, und die der Regel von der starken Festlegung der Düngerphosphorsäure in der Krume keinen Abbruch tun.

*Arrhenius:* Bei der außerordentlichen Unterschiedlichkeit und Ungleichmäßigkeit der schwedischen Böden ist es bei uns besonders wichtig, viele Einzelproben zu nehmen.

*Giesecke:* Ich möchte hier auf die Ausführung von *Dreyspring*, die ja durch meine Untersuchungen widerlegt sind, nicht mehr eingehen. Es ist hier nur die Frage, wie in Zukunft die Bodenproben genommen werden sollen.

*de Vries:* Wir müssen uns klar werden, ob wir hier irgend welche Beschlüsse fassen wollen oder können oder aber, ob wir die Frage der Bodenprobeentnahmen hier nur diskutieren, aber die Schlüsse den einzelnen Instituten überlassen. Die Aussprache hat gezeigt, daß die Frage akut ist, aber meines Erachtens können wir hier nicht versuchen, bindende Vorschriften zu geben.

*Franck:* Die Böden in Schweden sind sehr ungleichmäßig, was wir bei den Feldversuchen wiederholt feststellen konnten. Bei einem Feldversuch bekommt man oft ganz andere Resultate als man nach der Bodenuntersuchung annahm (7).

*Bamberg:* Man sollte sich den Pflanzenwuchs auf einem Schläge im Laufe des Jahres ansehen und sich bei der Entnahme von Durchschnittsproben dann danach richten.

*Niklas:* Wir haben uns schon frühzeitig für die Bodenprobe-Entnahme einen Stamm von Leuten ausgebildet. Wenn wir für die Praxis arbeiten wollen, müssen wir uns dem Gelände anfügen. Man muß bei der Bodenprobeentnahme insbesondere die geologischen Verhältnisse berücksichtigen. Auch die Verwitterungsverhältnisse sind mit maßgebend für den Kaligehalt. Der Gehalt der Phosphorsäure ist dagegen größtenteils von der Phosphorsäuredüngung abhängig.

*de Vries:* In bestimmten kalten, humusreichen Böden ist die Phosphorsäure sehr beweglich. Wir können dies insbesondere auf unseren moorkolonialen Böden feststellen, es werden da im Dränwasser Verluste bis zu 50 kg/ha  $P_2O_5$  pro Jahr gefunden (6).

Da wäre also das Märchenland von *Dreyspring* Wirklichkeit geworden. Jedenfalls sollte die letzte Schlußfolgerung von *Dreyspring* nicht so allgemein formuliert werden.



## 2. Sitzung: Dienstag, den 14. Juli 1956.

Herr *Mitscherlich* eröffnet die Sitzung und übernimmt auf allgemeinen Wunsch von jetzt ab den Vorsitz.

*Mitscherlich*: Auf Grund des gestern von der Versammlung ausgesprochenen Wunsches sollen nunmehr die einzelnen Methoden, und zwar zunächst die chemischen, behandelt werden. Ich eröffne somit jetzt die Aussprache über diese Methoden, und zwar zunächst über die der Kalibestimmung.

### Methoden, welche den Düngerbedarf des Bodens an Kali bestimmen wollen.

Methode *Dirks/Scheffer*:

*Goy*: Wir haben die Methode *Dirks/Scheffer* genau nach den Vorschriften durchgeführt (10). Ich habe dazu eigentlich nichts weiter auszuführen. Wir wenden diese Methode für die Beratung der praktischen Landwirte nicht an, sondern nur auf Wunsch einer landwirtschaftlichen Schule zu Vergleichszwecken. Wir stehen ihr absolut indifferent gegenüber.

*Sauerlandt*: Nach welcher Methode wurde die Kalibestimmung durchgeführt?

*Roos*: Die Kalibestimmung erfolgte nach der Kobaltinitrit-Methode. Ich muß dabei auf einige Unklarheiten in den Angaben hinweisen, weshalb mir die Vorschrift keinen ganz exakten Eindruck macht. Bei der Herstellung der Reagentien wurde früher angegeben, daß 5 g Kobaltinitrit zu 100 ccm gelöst werden könnten. In der letzten Vorschrift sollen diese nun nur noch zu 10 ccm gelöst werden.

*Schmitt*: Löst sich denn Kobaltinitrit in einer so geringen Wassermenge?

*Roos*: Es ist außerordentlich leicht löslich. — Weiterhin erscheint mir die Abgrenzung in der Anwendung von Wasser und Bikarbonat nicht ganz klar. Bei der Kalibestimmung soll oberhalb eines pH-Wertes von 6 Wasser angewendet werden, bei Phosphorsäure liegt die Grenze bei 7. Wenn die pH-Zahl größer ist als 6 bzw. 7, soll Bikarbonat angewendet werden, bei größerer Wasserstoffionenkonzentration dagegen Wasser. Schwierigkeiten entstehen auch bei der Herstellung des kohlensäuregesättigten Wassers, besonders in der warmen Jahreszeit. Man müßte da eigentlich mit Überdruck arbeiten, vielleicht unter Anwendung einer Stahlflasche. Auch der notwendige Kohlensäuregehalt des Wassers ist nicht mehr fest angegeben. Früher sollte man 10 ccm 1/10 n HCl bei der Titration nach Winkler verbrauchen; jetzt ist die Grenze schwankend angegeben mit 7–10 ccm 1/10 n HCl. Demnach scheint auch der Kohlensäuregehalt des Wassers nicht von allzu ausschlaggebender Be-

deutung zu sein. Nach allem scheint die Methode nicht so exakt durchgearbeitet, wie man es erwarten muß.

#### Kohlensäure-Methode Mitscherlich:

*Mitscherlich:* Wenn ich zum Vergleich auch meine alte Kohlensäuremethode (12) heranzog, bei welcher bei konstanter Temperatur von  $+ 30^{\circ} \text{C}$  der Boden mit bestimmter, dauernd mit Kohlensäure gesättigter Wassermenge ausgezogen wird, so geschah das darum, weil meines Erachtens diese Methode den natürlichen pflanzenphysiologischen Verhältnissen am nächsten kommen muß.

Kohlensäure ist in jedem Boden vorhanden; sie entsteht durch die Verwesung der organischen Substanzen und ist auch das Atmungsprodukt unserer Pflanzenwurzeln selbst und damit direkt das Lösungsmittel unserer Pflanzen. Wir können so bereits annehmen, daß das Bodenwasser in der nächsten Umgebung der Pflanzenwurzeln mit Kohlensäure gesättigt ist. Gräbt sich doch so jede Pflanzenwurzel auch in eine polierte Marmorplatte ein, indem sie den kohlensauren Kalk zu saurem kohlensaurem Kalk verwandelt und zur Lösung bringt. Wenn wir dabei eine konstante Temperatur verwendeten und andererseits auch das Verhältnis von Boden zu Wasser normierten, so geschah das zunächst, um Ergebnisse zu erzielen, die man jederzeit ebenso wiederfinden kann. Ich gebe gern zu, daß auch diese Versuche keine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Gefäßversuches aufweisen; doch dürften sie darum noch nicht ad acta gelegt werden, sondern im Gegenteil nach verschiedenen Richtungen hin weiter bearbeitet und ausgebaut werden. Unser Mitarbeiter *Beutelspacher* hat sich dieses zur Aufgabe gesetzt.

Jedenfalls hat diese Methode vor anderen chemischen Methoden den großen Vorteil, daß man keine Rücksicht auf den Kalkgehalt des Bodens zu nehmen braucht, da dieser, ob der Boden reich oder arm daran ist, aus dem Boden gelöst wird und dennoch eine mit Kohlensäure gesättigte Lösung bis zum Schlusse der Extraktion vorhanden ist.

*Bamberg:* Ich muß mich dagegen wenden, daß die Kohlensäure die einzige Säure ist, welche bei der Auflösung der Bodennährstoffe eine Rolle spielt. Es sind auch noch andere Säuren wirksam, so geringe Mengen an Salpeter- und Schwefelsäure. Die Pflanzenwurzeln scheiden organische Säuren aus, ebenso die Bodenbakterien. Wenigstens ist noch nicht ganz aufgeklärt, ob die Pflanzen keine organischen Säuren ausscheiden. Man kann also nicht behaupten, daß die Kohlensäure bei der Aufschließung der Bodennährstoffe der einzige Faktor ist.

*Mitscherlich:* Ich muß dem entgegenhalten, daß die übrigen Säuren im Boden kaum von Bedeutung sein können, da alle Pflanzen bei einer Säurekonzentration von  $0.2\text{--}0.3\text{‰}$  zugrunde gehen (13).

*Alten:* Da uns das Problem interessierte, welche Säuren von der Pflanze im Laufe der Vegetationsperiode zum Aufschluß der Nährstoffe ausgeschieden werden, und welche Mengen Wasserstoffionen tatsächlich pro Hektareinheit auf dem Felde zum Aufschluß des Bodens zur Verfügung stehen, haben wir in der landwirtschaftlichen Versuchsstation eingehende Wurzelausscheidungsversuche angestellt. In Glasgefäße, die



während der Versuchsanstellung völlig luftdicht abgeschlossen werden konnten, haben wir durch einen angesetzten Glashals Pflanzen eingeführt. Die Gefäße selbst wurden mit bei uns im Institut gebräuchlichen Nährlösungen gefüllt. Im Glashals wurde um die Pflanzenstengel herum ein Quecksilberverschluß gelegt, der unbedingte Abdichtung gegenüber der Außenluft gewährleistete. Sie werden sich wundern, daß wir hier Quecksilber an die Pflanze herangebracht haben; dieses ist jedoch, wie wir festgestellt haben, keineswegs für die Pflanze giftig. Die Luft wurde sodann durch eine kleine Rotorpumpe in das Gefäß eingeführt. Vorher wurde sie jedoch noch kohlensäure- und keimfrei gemacht. Die ausgeschiedene Menge an Kohlensäure wurde dann in Vorlagen mit Barytlauge aufgefangen. Hierbei zeigte sich, daß die durch die Pflanze ausgeschiedene Menge an Kohlensäure außerordentlich groß ist. Bei unseren bisherigen Vorversuchen stellten wir fest, daß die ausgeschiedene Kohlensäuremenge ungefähr äquivalent der Menge an Kohlensäure ist, die zum Aufbau der organischen Pflanze selbst gebraucht wird. Wenn z. B. durch Verbrennungsanalyse festgestellt wurde, daß 5 g Kohlensäure für den Aufbau einer bestimmten Menge organischer Substanz benötigt werden, so fanden wir auch ziemlich dieselbe Menge an ausgeschiedener Kohlensäure durch die Wurzel wieder, d. h. also die Pflanze hat in Wirklichkeit nicht 5 g Kohlensäure aufgenommen, sondern 10 g.

*Prjanischnikow:* Ich möchte auf die Verschiedenheit der einzelnen Pflanzenarten hinweisen. Besonders Lupinen wären für solche Versuche recht vorteilhaft, da sie die Wasserstoffionenkonzentration ziemlich erhöhen.

*Alten:* Durch unsere Untersuchungen wollen wir zu fixen Zahlen gelangen, die uns einigermaßen die Wasserstoffionemengen angeben, die von der Pflanze pro g Trockensubstanz im Boden ausgeschieden werden. Wir müssen hier natürlich erst rein chemisch arbeiten, um überhaupt zu verwertbaren Konstanten zu gelangen.

*Bamberg:* Ich bezweifle, daß man die Ergebnisse solcher Modellversuche auf den Boden übertragen kann. Außerdem ist diese hohe Kohlensäureproduktion kein unmittelbarer Beweis für ein damit verbundenes Aufschließungsvermögen der Pflanze.

*Alten:* Das soll es auch nicht sein, uns interessiert die Energie, die die Pflanze aufbringen kann.

*v. Boguslawski:* Nach meiner Ansicht darf man die von *Vageler* für die einzelnen Pflanzenarten als konstant angenommenen Wasserstoffionemengen nicht so allgemein konstant setzen, da sich die Pflanzen wie im Gesamtwachstum, so auch in der Kohlensäureproduktion allen Wachstumsfaktoren anpassen. Man muß hierbei das Gesetz des kleinsten Zwanges berücksichtigen.

*Alten:* Bevor wir diese Konstanten hatten, mußten wir uns den Weg erst einmal rein hypothetisch vorzeichnen. Es ist doch das wesentliche in der Wissenschaft, zunächst Theorien aufzustellen, damit ein klares Bild vorhanden ist. Man darf auch nicht davor zurückschrecken, selbst mit Hypothesen zu arbeiten, muß aber hinterher durch exakte Ver-

suche entweder beweisen, daß der eingeschlagene Weg der richtige ist, oder man muß eben neue Wege gehen.

*v. Boguslawski:* Ich wollte nicht bestreiten, daß der von *Alten* gewählte Weg beschritten werden muß und Konstanten brauchbar sind; nur betone ich, daß für verschiedene Böden und Pflanzenbestände gerade für methodische Zwecke Grenz- oder Korrekturwerte zu fordern, bzw. zu erforschen sind, zumal wenn man mit absoluten Zahlen arbeitet.

*Alten:* Ich will ja damit gar nicht behaupten, daß wir schon alle Möglichkeiten in dieser Richtung erschlossen haben. Für uns kam es zuerst einmal darauf an, zu wissen: Scheidet die Pflanze nur Kohlensäure aus, wie groß ist die Kohlensäureausscheidung pro g Trockensubstanz, in welchem Stadium scheidet die Pflanze die meiste Kohlensäure aus, ist die Kohlensäureausscheidung bei den verschiedensten Pflanzen pro g Trockensubstanz dieselbe oder differiert sie außerordentlich stark? Daß natürlich noch andere Umweltbedingungen für die Kohlensäureausscheidung sicher eine Rolle spielen, will ich keineswegs bestreiten. Will ich aber Energiegrößen feststellen, dann muß ich erst versuchen, die einfachsten Wege zu gehen, hinterher ergeben sich dann noch sicherlich genügend Möglichkeiten, um auch die weit komplizierteren Fragen der Lösung näherzubringen.

*Giesecke:* Die Untersuchungen *Altens* haben uns einen Schritt vorwärts gebracht. Sie sind im Endresultat beachtenswert, da wir mit derartigen energetischen Kräften nicht gerechnet haben. Seine Arbeiten haben uns einen Anreiz gegeben, in ähnlicher Richtung zu arbeiten.

*Mitscherlich:* Die Untersuchungen von *Alten* sind auch gerade für unsere pflanzenphysiologischen Arbeiten von ganz besonderer Bedeutung. Diese Zusammenhänge zwischen Boden und Pflanze zu klären ist für uns außerordentlich wichtig.

#### Methode Seidel:

*Pavlooschi:* Wir bringen 20 g Boden in ein Zentrifugierglas. Dazu kommen 60 ccm 1/10 n  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dann wird durchgeschüttelt und kurz zentrifugiert. Die überstehende Flüssigkeit bis 40 ccm abpipettiert und in ihnen das Kalium nach der Kobaltinitrit-Methode bestimmt. In das Zentrifugierglas werden 40 ccm frische Lösung hinzugegeben und ein zweiter Extrakt ausgeführt, in gleicher Weise auch ein dritter. Die so erhaltenen drei Werte stehen zueinander in einer gewissen Gesetzmäßigkeit. Bei 6—7 Extrakten kommt man auf den Wert 0; aus den drei ersten Extrakten läßt sich auf Grund einer Formel die ganze austauschbare Kalimenge berechnen (14).

#### Methode Alten:

*Alten:* Die von *Vageler* und mir (15) ausgearbeitete Methode lehnt sich an die von *Seidel* und *Hissink* ausgearbeitete Methode sehr stark an. Unsere Methode unterscheidet sich von der *Seidel/Hissinkschen* Methode durch eine etwas andere mathematische Formulierung und auch in der Konzentration und Art des Austauschmittels. An Modellversuchen haben wir neuerdings nochmals die Formel von *Vageler* (34) genau nach-



geprüft, weil es sich vor allem bei schweren Böden herausstellte, daß die Berechnung des Austausches auf Grund der ersten Formel nicht ganz korrekt war (16, 17, 18). Für die praktische Bodenberatung ist die alte Formel von *Vageler* zur Bestimmung des S-Wertes durchaus brauchbar.

Auf Grund unserer neuen Montmorillonit-Untersuchungen haben wir dann festgestellt, daß sowohl beim Ein- wie auch beim Austausch die sich bildende salzfreie Wasserhaut die Ergebnisse für die Bestimmung des S-Wertes beeinflussen kann, aber für praktische Zwecke brauchen wir diese immerhin komplizierten Untersuchungen nicht zu berücksichtigen. Wir sind bei der Durchführung unserer Bodenuntersuchungen in der Lage, die Austauschgröße quantitativ zu bestimmen, d. h. aber noch lange nicht, daß wir vom Austausch aus auch gleichzeitig den Austausch, der ja letzten Endes für die Düngerberatung das wesentliche ist, quantitativ berechnen können. Für praktische Zwecke kann man die alte *Vagelersche* Formel ruhig anwenden. Wir haben auch weiter bei ganz schweren Böden festgestellt, daß bei S-Werten, die über 50 liegen, die Konzentration unserer Austauschlösung nicht ausreichte. Bei Verdoppelung der Konzentration unseres Austauschmittels sind wir aber zum theoretischen S-Wert gelangt. Unsere Methode will keine Schnellmethode sein. Es lag uns nur daran, das Problem der Bodenuntersuchung vom physikalisch-chemischen Standpunkte aus zu bearbeiten. Für praktische Untersuchungen eignet sich unsere Methode nicht, da sie viel zu teuer ist und lediglich nur als wissenschaftliches Hilfsmittel gelten soll.

### Methode Hissink:

*Mitscherlich* behandelt die Methode *Hissink* (19) und verweist auf dessen Zahlen (s. S. 131—134).

## Methode Kraus und Methode Volk/Truog:

*Arrhenius:* Wir haben schon oft an Bodenproben von Feldversuchen mehrere Methoden geprüft. Wir sind dabei soweit gekommen, daß die Methoden nach *Kraus* (20) und nach *Volk/Truog* (21) am besten passen. Die erste arbeitet mit Natriumchlorid, die zweite mit Ammoniumazetat. Die Ermittlung des Kaligehaltes ist recht kompliziert. Mir scheint es, daß diese Bodenmethoden recht gut übereinstimmen und auch für die Praxis geeignete Werte geben. Wir haben dabei nur den ersten Austausch durchgeführt. Zur Kalibestimmung wurden mehrere Methoden geprüft. Das Kali wurde als Kobaltinitrit und nach der Zentrifugiermethode bestimmt. Die kolorimetrische Methode arbeitet zwar gut, aber sie ist unangenehm wegen der konzentrierten Säure, die dabei verwendet werden muß.

### Methode Bondorff:

*Franck*: In der dänischen Landwirtschaft wird die *Bondorffsche* (22) Methode viel angewandt, sie arbeitet sehr gut. Es werden zwei Konzentrationen von Kochsalzlösungen angewandt, und zwar zweifach normal und vierfach normal. 50 g Boden und 50 ccm Lösung werden benutzt und so zwei Werte ermittelt. Diese Werte werden nach der modifizierten Gleichung von *Vageler* bewertet. Ich habe nun eine Berechnung über

die Übereinstimmung mit dem Gefäßversuch bei den 120 Bodenproben angestellt. Die Resultate waren dabei nicht sehr gut. Der Korrelationswert ist etwa 0,3—0,4. Ich habe nun in ähnlicher Form wie *Mitscherlich* ein Diagramm gezeichnet und dabei den pH-Wert berücksichtigt. Wenn man nun einen Korrelationsfaktor für alkalische Böden von 0,7—0,8 anwendet, ist die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen eine recht gute.

#### Methode v. *Sigmond*:

*Zucker*: Von der *Sigmond*-Methode (23 u. 24) kann ich wenig berichten. In den letzten Jahren haben wir in dieser Richtung neue Untersuchungen angestellt. Wir sind darauf gekommen, daß die Methode nicht ganz einwandfrei ist. Die Ursache dafür weiß ich nicht. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

#### Methode de *Vries* und *Hettterschy*:

*de Vries*: Bei der Untersuchung der Humussand- und moorkolonialen Böden extrahieren wir mit 10prozentiger HCl. Bei dieser Bestimmung wird von einer bestimmten Humusmenge ausgegangen, nicht von einer bestimmten Bodenmenge. Wir bestimmen den Kalipegel (die Kalisättigung) des Humus. Früher wurde nach *Hudig* und *van der Ven* durch Zersetzung mittels Wasserstoffsuperoxyd der Humus zerstört, weil man meinte, daß dies nötig wäre, um das Kali im Humus freizumachen. Dies war aber für eine Schnellmethode zu beschwerlich, und da man in Wirklichkeit doch mit einem sauren Extrakt arbeitet, haben wir das  $H_2O_2$  durch Salzsäure von entsprechender Stärke ersetzt. Wir erhielten so fast dieselben Zahlen mit einer leichteren und angenehmeren Methode. Sie beruht darauf, daß man nicht ein bestimmtes Gewicht Boden nimmt, sondern vorher den Humus als Glühverlust bestimmt, und die gleichen Humusmengen einwiegt. Im großen und ganzen eignet sich die Methode für die genannten Böden sehr gut, wie an der Korrelation mit Ertragszahlen gezeigt wird. Im Verlauf des Jahres wechselt aber die Kalizahl ganz enorm, und zwar durch die Düngung, die Aufnahme durch die Pflanze, die Auswaschung usw. Die beste Korrelation mit dem Ertrag wird erhalten, wenn man aus der im Herbst vor der Düngung bestimmten Kalizahl eine Kalizahl im Vorsommer während der Wachstumsperiode, berechnet, wie an Kurvenbildern gezeigt wurde.

*Giesecke*: Wie wird der Humusgehalt bestimmt?

*de Vries*: Durch Glühverlustbestimmung. Wir nehmen soviel Boden, als 625 mg Humus entspricht, und behandeln eine Stunde mit 300 ccm 10prozentiger HCl. Bei lehmigen und schweren Böden, wo der minerale Komplex mitwirkt, liegen die Verhältnisse aber komplizierter und wir wenden dort diese Methode nicht an.

#### Amalgam-Verfahren nach *Herzner*:

*Beutelspacher*: Genau 1 g lufttrockene Feinerde (<1 mm) wird in einem Jenaer Becherglas mit etwa 50 ccm Wasser übergossen (25). In die Suspension wird ein Pt-Blech als Anode eingeführt. Ein Glasrohr dient als Kathode, das unten mit Filtrierpapier und einem Stück Leinen



abschließt und mit ca 10 ccm 0,1 n HCl und 3 ccm Quecksilber gefüllt wird. Die Elektrolyse dauert drei Tage bei einer Spannung von 90—100 Volt. Das vorhandene Amalgam in der Kathodenflüssigkeit wird zer-  
setzt und das Kalium titrimetrisch nach *W. U. Behrens* (26) bestimmt.

*Bamberg*: Ich habe vergleichende Untersuchungen über das pflanzen-physiologisch wirksame Kali im Gefäß- und *Neubauer*-Versuch ange-  
stellt und über das mit Salpetersäure austauschbare Kali. Da aber da-  
bei die Bodentypen von Bedeutung sind, konnte ich das Material nur  
allgemein verarbeiten, weil der Typus der einzelnen Proben fraglich  
war. Meines Erachtens müßte man beim Gefäßversuch nicht nur den  
Pflanzenenertrag feststellen, sondern auch die Nährstoffaufnahme, die Me-  
thoden stimmen dann besser überein, denn der Wirkungsfaktor für Kali  
ist nicht konstant, wenn man neben dem Ertrag die aufgenommenen  
Kalimengen bestimmt. Wir haben mit  $1/100 + 1/1$  Salpetersäure ge-  
arbeitet. Auf Grund unserer Untersuchungen kommen wir zu dem Er-  
gebnis, daß auch nicht chemisch austauschbares Kali pflanzenphysiolo-  
gisch wirksam sein kann. Ich muß dabei besonders auf die Sonder-  
stellung der Karbonatböden hinweisen. Im Gefäßversuche nehmen die  
Pflanzen soviel Kali auf, wie sich erst in 24 Stunden mit Salpeter-  
säure lösen. Das Boden : Wurzel-Verhältnis ist für die Aufschließung  
von großer Bedeutung. In Gefäßversuchen wurde das austauschbare  
Kali im ersten Jahr aufgenommen. Im zweiten Jahre wurde auch das  
Silikatkali ausgenutzt. Es kann unter solchen Umständen ein Teil der  
Kalidüngung festgelegt werden, wenn die Kaliumionen in Silikatgitter  
eintreten. Das Austauschkali ist keine konstante Größe. Es ist un-  
terschiedlich in trockenen und nassen Jahren und es besteht ein Gleich-  
gewicht zwischen Austausch- und Silikatkali. Man darf nicht auf dem  
austauschbaren Kali basieren, wie das die meisten chemischen Methoden  
tun. Das tatsächlich von den Pflanzen aufgenommene Kali muß be-  
stimmt werden. Die Effektivität des Kali läßt sich mit starken Säuren,  
z. B. Salpetersäure, erfassen. Die Methode *Neubauer* gibt zu hohe Werte  
infolge des engen Boden : Wurzelverhältnisses.

*Alten*: Es wäre interessant, von *Bamberg* zu hören, welche verschie-  
denen Ergebnisse die einzelnen Methoden geliefert haben. *Vageler* und  
ich haben bei unseren Untersuchungen festgestellt, daß die *Neubauer*-  
Methode bei mineralreichen Böden sehr hohe Werte anzeigt, die bei an-  
deren Methoden — auch mit der Austauschmethode — sehr oft nicht er-  
reicht werden. Berücksichtigt man, daß man bei der *Neubauer*-Methode  
ein außerordentlich enges Verhältnis zwischen Boden und Wurzeln hat,  
so sind die auseinandergehenden Ergebnisse vielleicht verständlich. Bei  
der *Neubauer*-Methode werden auf 100 g Boden 100 Roggenkörner, die  
etwa 4 g wiegen, zur Einwirkung gebracht. Bei Abschluß der *Neubauer*-  
Untersuchung haben wir nicht mehr 4 g organische Substanz, sondern  
nur noch 2—2,4 g. Während des *Neubauer*-Ansatzes haben wir also einen  
Verbrauch an organischer Substanz von 1,6—2 g. Diese organische Sub-  
stanz setzt sich während der Wachstumszeit der *Neubauer*-Pflanze in  
Kohlensäure um und schließt den Boden auf. Es ist gerade bei der *Neu-  
bauer*-Untersuchung ideal, daß in dem Moment, in dem die Mobilisation  
der Nährstoffe einsetzt, sofort auch eine Filtration durchgeführt wird.



Durch diesen Vorgang ist eine dauernde Verschiebung des Gleichgewichts gewährleistet, wie wir sie auch beim Vorgange der Nährstoffaufnahme auf dem Felde zu verzeichnen haben. Der Unterschied zwischen dem Felde liegt nur darin, daß durch das enge Wurzel : Bodenverhältnis die Aggressivität wesentlich stärker in Erscheinung tritt, als dieses auf dem Felde der Fall zu sein scheint. Hierin liegt auch meines Erachtens die Tatsache begründet, daß im *Neubauer*-Versuch die Bodenmineralien sehr viel besser aufgeschlossen werden, als dieses auf dem Felde der Fall ist. *Vageler* und ich vertreten den Standpunkt, daß die Bodenmineralien unter natürlichen Verhältnissen höchstens zu 10—20 % ausgenutzt werden, während sie im *Neubauer*-Versuch teilweise bis zu 50 und 60 % aufgeschlossen werden können.

Zwischen der *Neubauer*-Untersuchung und dem Gefäßversuch besteht doch ein wesentlicher Unterschied. Beim *Neubauer*-Versuch haben wir praktisch eine konstante Energie für den Aufschluß des Bodens zur Verfügung. Es ist dieses die Menge an Kohlensäure, die durch den Abbau von 2 g organischer Substanz auf den Boden einwirkt. Beim Gefäßversuch haben wir die Einwirkung der Pflanze auf den Boden über eine ganze Vegetationsperiode. Während dieser Vegetationsperiode tritt im Gegensatz zur *Neubauer*-Untersuchung ein Aufbau an organischer Substanz ein. Hier treten Wechselbeziehungen zwischen Pflanzenwachstum und Bodenaufschluß auf, die sich jeweilig nach dem Wachstum der Pflanze richten. Bei Mangel an irgendeinem Nährstoff kann niemals dieselbe Menge Kohlensäure für den Aufschluß des Bodens von der Pflanze zur Verfügung gestellt werden, wie dieses z. B. bei einer harmonischen Volldüngung der Fall ist. Der Gefäßversuch ist sicher ein rein physiologischer, weil seine Ergebnisse nachher in Zahlen ausdrücken, die das Gewordene und das Gewachsene angeben. Beim *Neubauer*-Versuch dagegen haben wir nur die aufgeschlossenen Nährstoffe zu beurteilen. Diese Methode ist daher tatsächlich nur als eine rein chemische Methode zu bewerten, d. h. aber keinesfalls, daß sie dadurch schlechter als eine physiologische Methode arbeitet. Wesentlich für eine Bodenuntersuchung ist nicht, ob sie physiologisch oder chemisch ist, sondern wesentlich ist, daß sie Daten liefert, mit denen wir die Praxis beraten können.

*Niklas*: Man muß sich klar werden, wie groß die Menge an Kali ist, die beim *Neubauer*-Versuch gefunden wird. Nehmen wir eine *Neubauer*-zahl von 50 an und vergleichen damit einen Salzsäureauszug, so würde bei 0.1 % Kali im Salzsäureextrakt nur das doppelte gefunden, was der Roggen bei der *Neubauer*-Methode herausholt. Man sieht daraus, wie erschöpfend die Keimpflanzen-Methode sich auswirkt. Auch *Aspergillus* holt etwa das gleiche heraus wie die Roggenkeimlinge. Die *Neubauer*-Methode eignet sich für Kali recht gut; für Phosphorsäure wird meines Erachtens von den Keimpflanzen zu wenig Phosphorsäure herausgeholt. Die Zitronensäure-Methoden sind hier besser und geben tatsächlich einen Einblick in das mobile Phosphorsäurekapital.

Die Phosphorsäurefestlegung läßt sich nur durch pflanzenphysiologische Versuche erfassen. Alle Bodenuntersuchungs-Methoden sagten z. B. aus, daß zwei bestimmte von uns untersuchte Böden phosphorsäurearm waren, trotzdem wirken aber Düngergaben nicht. Die Dünger-



phosphorsäure wurde eben im Boden festgelegt. Man kann deswegen die Festlegung der Phosphorsäure nur pflanzenphysiologisch und mikrobiologisch bestimmen. Es wird bei der Bodenuntersuchung nicht genügend Rücksicht auf die Verschiedenheit der Böden genommen. Es ist ein Unterschied, ob wir einen leichten oder einen schweren Boden haben. Man muß bei der Auswertung auch auf geologische und sonstige Umweltverhältnisse Rücksicht nehmen. Deshalb vertrete ich den Standpunkt, daß Schnellmethoden in größerer Anlehnung an pflanzenphysiologische und mikrobiologische Methoden (z. B. *Aspergillus*) ausgearbeitet werden müßten.

*de Vries*: Die Pflanzenanalyse auf Kali ist natürlich von großer Bedeutung. Wir haben es hier mit einem recht verwickelten Problem zu tun. Wirklich von Wert ist die Untersuchung nur dann, wenn gleichzeitig das Stickstoff-, Phosphorsäure-, Kalium-, Kalziumverhältnis berücksichtigt wird, weil diese und andere Faktoren auch einen Einfluß haben.

*v. Boguslawski*: Ich muß die Behauptung von *Bamberg*s bezüglich der Unzulänglichkeit der Austauschmethoden zurückweisen. Es ist zwar festgestellt und theoretisch klar, daß Silikatkali von den Pflanzen aufgenommen werden kann. Pflanzenphysiologisch ist aber bei unseren Kulturböden das Austauschkali, nicht das Silikatkali maßgebend. Wir können im Ackerbau keine Höchstserträge ernten, wenn wir warten, bis der Vorrat an Umtauschkali soweit erschöpft ist, daß das Silikatkali bei der Kaliversorgung der Pflanzen eine größere Rolle spielt. Zu welchem Schluß kommen wir z. B., wenn wir gewissermaßen einen physiologischen Extraktionsversuch durchführen, wie es z. B. *Abel* und *Magistad* (27) durch mehrmaligen Anbau von Pflanzen in Gefäßversuchen zeigten? Wie auch neuere amerikanische Arbeiten z. B. von *Hoagland* (28) und eigene Versuche (29) gezeigt haben, gibt das Austauschkali in der ersten Vegetation bis auf Ausnahmen den Ausschlag. Auch *Vageler* und *Allen* kommen, wie *Allen* soeben ausführte, zu dem Schluß, daß das Silikatkali nur zu einem geringen Prozentsatz in Rechnung zu stellen ist.

*Bamberg*s: Ich habe von Feldversuchen nichts gesagt. Ich dachte, daß der Gefäßversuch und die *Neubauer*-Methode als Standard-Methode empfohlen werden sollten. Für diese beiden galten meine Untersuchungen. Wenn ich hier nochmals betone, daß ich das austauschbare Kali nicht für ausschlaggebend halte, so möchte ich hierfür ein Beispiel anführen: Ich habe Mergel untersucht und dabei für 20 g 4 mg austauschbares Kali gefunden. Aus diesen 20 g nahm aber im *Neubauer*-Versuch der Roggen 50 mg auf.

*Allen*: Wir wissen, daß beim *Neubauer*-Versuch der Aufschluß der Bodennährstoffe extrem verläuft. Wenn wir uns über die verschiedenen Größen eine genaue Vorstellung verschaffen wollen, müssen wir den Aufschluß im *Neubauer*-Versuch und das Aufschlußvermögen der Pflanze auf dem Felde in Relation setzen.

*Bamberg*s: Wenn man Methoden vergleicht, darf man keine Übereinstimmung in allen Fällen annehmen, da die angewandten Reagentien zu unterschiedlich sind.

*Arrhenius:* Wäre es nicht zweckmäßig, auch für das Kali die Korrelationszahlen auszurechnen?

*Mitscherlich:* Wir haben festgestellt, daß die Methoden für Kali schlechter übereinstimmen als für Phosphorsäure. Natürlich wären die Korrelationszahlen wertvoll.

### Methoden, welche den Düngerbedarf des Bodens an Phosphorsäure bestimmen wollen.

Methoden Dirks/Scheffer:

*Roos:* Ich habe zur Methode *Dirks/Scheffer* nichts Besonderes mehr zu erwähnen.

CO<sub>2</sub>-Methode nach Mitscherlich und Puri:

*Mitscherlich:* Wir kommen nun zum Kohlensäureauszug. Im Unterschied zu uns (12) rührt *Puri* bei seiner Methode nicht. Er arbeitet bei einer konstanten Temperatur von 10° C, die also wesentlich niedriger liegt als bei uns. Er leitet die Kohlensäure in einen Extraktionsapparat in Form eines Rohres ein; durch den Kohlensäurestrom wird dabei eine ständige Vermischung des Bodens mit der darüber stehenden Flüssigkeit bewirkt. Die Extraktionsdauer beträgt nur 15 Minuten. Mir scheint, daß in dieser Zeit der Gleichgewichtszustand noch nicht erreicht werden kann.

*Dreyspring:* Die Tatsache, daß sich das Gleichgewicht erst nach längerer Zeit einstellt, ist bei der Ermittlung des leichtlöslichen Phosphorsäurevorrats und der Festlegung der Düngerphosphorsäure im Boden von entscheidendem Einfluß auf das Ergebnis und seine Reproduzierbarkeit. Das ist von *Puri*, *Dirks* u. a. nicht genügend beachtet worden. Es genügt nicht, den Boden nur kurze Zeit (30 oder 60 Minuten) mit dem Lösungsmittel in Berührung zu bringen und dann sofort zu filtrieren. Auf diese Weise erhält man nur bei leichten Sandböden Endwerte, sonst aber immer nur Zwischenwerte, deren Abstand vom Endwert um so größer wird, je größer die abschlämbbaren und humosen Anteile werden.

Die Einlagerung der Bodenphosphate in das Bicarbonatsystem, wie auch die Einspielung des reversiblen Phosphat-Bicarbonatsystems mit den Bestandteilen des Bodens erfolgt nicht momentan, sondern braucht geraume Zeit. Sie kann nur vollständig werden, wenn

- a) der Boden durch das Dispersionsmittel in die feindisperse Phase übergeführt wird,
- b) während einer bestimmten Zeitdauer eine innige Wechselwirkung zwischen Lösungsmittel und Boden erfolgt.

Auch die Art des benutzten Schüttelapparats spielt dabei eine erhebliche Rolle. Es kommen nur solche mit hoher Schüttelintensität in Frage wie der vertikal rotierende Apparat von *Wagner*, bei dem die zu lösende Substanz bei jeder halben Umdrehung durch das Lösungsmittel fällt und weiter der von *Krügel* und mir konstruierte horizontal rotierende Apparat mit Umkehrbewegung (30), bei dem der Bodenkörper infolge des dauernden energischen Aufwirbelns in seine feinsten Teile zerlegt und fortwährend in Suspension gehalten wird. Ein Apparat, der nur



eine Hin- und Herbewegung macht, genügt hier nicht; denn für kurze Schüttelzeiten ist seine Schüttelintensität zu klein. Dagegen ist das von *O. Arrhenius* konstruierte Schüttelkarussell (31), welches die Bodenproben zwar wenig intensiv, dafür aber 48 Stunden lang ununterbrochen schüttelt, also die Einlagerungsdauer berücksichtigt, für diesen Zweck wieder gut geeignet.

*Beutelspacher*: Auch die Temperatur spielt beim Extrahieren der Böden eine wichtige Rolle, da diese einen Einfluß auf die Lösungsgeschwindigkeit und das Gleichgewicht zwischen Boden und Lösungsmittel ausübt.

*Mitscherlich*: Selbstverständlich bekommt man keine Endwerte. Bei der Schnellmethode kann man evtl. mit einer geringeren Genauigkeit arbeiten und mit weniger Zeit auskommen.

#### Methode Saidel:

*Pavlovski*: Nach eigenen Untersuchungen ist die Konzentration an Phosphorsäure in wässriger Bodenlösung unabhängig vom Verhältnis der Bodenmenge zum Volumen der Lösung. Aus diesem Grunde muß der Gehalt der Bodenlösung an Phosphorsäure nicht auf eine bestimmte Bodenmenge, sondern auf eine bestimmte Volumeneinheit bezogen werden. Die von uns gewählte Volumeneinheit bezieht sich auf 1 Liter. Dieser beim Gebrauch von reinem Wasser erhaltene Befund gilt auch bei der Anwendung von  $\text{CO}_2$ -gesättigtem Wasser, doch sind in letzterem Fall die  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Mengen größer und lassen sich mit besserer Sicherheit bestimmen. Jeder Versuch wird unter Verwendung von zwei verschiedenen Bodenmengen (5 und 10 g) bei sonst gleichbleibenden Arbeitsbedingungen ausgeführt. Zweck dieser Maßnahme ist, das Vorhandensein von frisch zugesetzter, leichtlöslicher Phosphorsäure zu erfassen, da in diesem Falle das Gesetz der Unabhängigkeit vom Volumen seine Gültigkeit verliert. Zeigt sich auf diesem Wege die Anwesenheit von leichtlöslicher Phosphorsäure, dann muß der Betrag durch wiederholte Extraktion festgestellt werden.

5 bzw. 10 g Boden werden 20 Minuten mit 60 ccm n/20 KCl-Lösung unter Einleitung eines lebhaften Kohlensäurestromes gerührt (1 Minute rühren im Intervall von je 5 Minuten). Anschließend wird bei 2500 Touren zentrifugiert und im Zentrifugat die Phosphorsäure kolorimetrisch nach *Dénigès* bestimmt.

#### Methode Dreyspring:

*Dreyspring*: Um einen möglichst klaren Einblick in den Phosphorsäurezustand der Böden zu bekommen, werden beim Verhältnis 20 g Boden : 100 ccm Lösungsmittel 3 Werte ermittelt:

Im ungedüngten Boden (32)

- a) die sofort verfügbare Menge an Bodenphosphorsäure,
- b) das Nachlieferungsvermögen der Bodenphosphorsäure.

Im gedüngten Boden

- c) die Konzentrationserhöhung der Bodenlösung durch  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Düngung (k) bzw. die prozentuale Festlegung der Dünger- $\text{P}_2\text{O}_5$  im Boden (F%).

Unser Verfahren dient:

1. der Ermittlung des direkt pflanzenverwertbaren  $P_2O_5$ -Vorrats im Boden, der sich aus den Werten a und b ergibt.
2. der Ermittlung der evtl. zu verabfolgenden Menge an Dünger-Phosphorsäure, die sich ergibt aus der Differenz zwischen dem vorhandenen pflanzenverwertbaren  $P_2O_5$ -Vorrat (1) und dem  $P_2O_5$ -Bedarf der anzubauenden Frucht, wobei zu berücksichtigen sind die Festlegung der Dünger-Phosphorsäure bzw. die Konzentrationserhöhung, welche die Bodenlösung durch eine verabreichte  $P_2O_5$ -Düngung erfährt, sowie das  $P_2O_5$ -Aneignungsvermögen der Pflanzen.

In der Überzeugung, daß ein massenanalytisches Schnellverfahren nur dann Wert für die landwirtschaftliche Praxis und Aussicht auf Erfolg hat, wenn sich die im Laboratorium auszuführenden Bodenuntersuchungen möglichst weitgehend an die Verhältnisse der Natur anlehnen, verwenden wir

- a) als Lösungsmittel das in jedem tätigen Boden vorhandene stark puffernde Bicarbonatsystem  
$$Me(CO_3) + H(HCO_3) \rightleftharpoons Me^{++} + 2(HCO_3)^-$$
in n/10 Konzentration und mit  $Mg^{++}$  als Kation und haben uns
- b) den Feld- bzw. Gefäß-Mangelversuch als Vorbild genommen.

Wir untersuchen also wie bei diesem sowohl den ungedüngten wie auch den mit leichtlöslicher Phosphorsäure gedüngten Boden und stellen fest, in welchem Maße der im ungedüngten Boden erhaltene  $P_2O_5$ -Wert durch die  $P_2O_5$ -Düngung erhöht wird.

Diese Konzentrationserhöhung der Bodenlösung, oder umgekehrt der ermittelte Grad der Festlegung der Dünger-Phosphorsäure, gibt dann einen guten Anhaltspunkt für ihre voraussichtliche Wirkung und wird bei Bemessung der  $P_2O_5$ -Düngung mit berücksichtigt.

Die  $P_2O_5$ -Gabe beträgt bei der analysenmäßigen Düngung 1 mg je 20 g Boden. Sie entspricht einer praktisch möglichen Höchstgabe von rund 150 kg  $P_2O_5$ /ha und der früheren halben, jetzigen drittel Maximalgabe des Gefäß-Mangelversuchs von Mitscherlich (früher 1,0, jetzt 1,5 g  $P_2O_5$  je Gefäß = rund 300 bzw. 450 kg  $P_2O_5$ /ha).

Es ist das Verdienst von Mitscherlich, als erster kohlenensäuregesättigtes Wasser als Lösungsmittel zur Bestimmung der Bodennährstoffe verwendet zu haben. Eine mit  $CO_2$  gesättigte Lösung kommt ohne Zweifel den natürlichen Verhältnissen am nächsten; denn in jedem tätigen Boden sind als Produkt der Atmung der Pflanzenwurzeln und der Zersetzung organischer Substanz stets reichliche Kohlensäuremengen vorhanden.

Es scheint uns nur gegebener, dabei ein Kation zu verwenden, das die mit  $CO_2$  gesättigte Lösung stabilisiert und besser fixierbar macht. Es kann hierfür nur ein Kation in Frage kommen, das der Hauptbase des Bodens, dem Kalk, möglichst nahesteht, aber leichter lösliche Salze bildet. Die Wahl kann dann nur auf  $Mg^{++}$  fallen. Dieses bewirkt als guter Koagulator ein schnelles und gutes Abfiltrieren der Bodenauszüge und



besitzt als Bicarbonat ein viel größeres Löslichkeitsprodukt als das entsprechende Kalksalz, so daß sich mit ihm ein Lösungsmittel von stärker lösender Kraft herstellen läßt.

Wir haben die Konzentration der  $Mg(HCO_3)_2 + CO_2$ -Lösung zu n/10 gewählt, nicht nur um ein scharf definiertes Lösungsmittel zu besitzen, sondern vor allem auch, weil sich dann  $P_2O_5$ -Werte von 0.05 bis ca. 20.0 mg je 100 g lufttrockenen Boden ergeben, die dem  $P_2O_5$ -Gehalt natürlicher Bodenpreßsäfte weitgehend entsprechen, mithin die Anwendung von Testzahlen (wie bei der Dirksmethode) überflüssig machen.

Die anfallenden Bodenauszüge werden über Filterkerzen aus Kieselgur (55) abgesaugt, die eine gute Leistungsfähigkeit und Lebensdauer besitzen. Sie halten bei schonender Behandlung mindestens 500 Filtrationen aus und liefern garantiert kristallklare Filtrate, die je nach dem Humusgehalt der Böden eine mehr oder weniger starke Eigenfärbung besitzen.

Auf Grund zahlreicher Vergleichsuntersuchungen fanden wir, daß die Bestimmung der Phosphorsäure in den Bodenextrakten am besten nach der kolorimetrischen Methode von *Zinzadze* vorgenommen wird. Ihr größter Vorteil ist, daß die Blaufärbungen mehrere Tage konstant bleiben, so daß das Kolorimetrieren zeitlich unabhängig und in großen Serien erfolgen kann.

Es ist jedoch dringend erforderlich, daß vor Zugabe des Reagenses auf möglichst einfache und massenanalytisch tragbare Weise

1. die Filtrate vollkommen entfärbt werden, auch wenn ihre Eigenfärbung noch so stark war; denn nur dann ist ein einwandfreies Beobachten der Farbtöne unter Vermeidung jeder Kompensationslösung möglich,
2. alle reduzierenden und oxydierenden Substanzen, vor allem die Nitrate restlos zerstört werden, damit die der gelösten Phosphorsäuremenge entsprechende maximale Blaufärbung mit Sicherheit erreicht wird und
3. gleichzeitig die evtl. mit in Lösung gegangene organisch gebundene Phosphorsäure in die  $PO_4$ -Form übergeführt und bei der kolorimetrischen Bestimmung mit erfaßt wird.

Unsere früheren Versuche, die organischen Bestandteile mit Brom oder Wasserstoffsuperoxyd zu zerstören, zeigten keine befriedigenden Ergebnisse. Seit zwei Jahren gelingt uns die restlose Erfüllung dieser drei Bedingungen in einem Arbeitsgang folgendermaßen:

50 ccm des Bodenfiltrats werden mit 1 ccm 5 n- $H_2SO_4$  versetzt, in Veraschungsschälchen (wie sie bei der Keimpflanzenmethode Verwendung finden) zur Trockene gedampft und dann bei ca 700° C im elektrischen Ofen geglüht, bis der Rückstand rein weiß ist. Die in 2 ccm n-Schwefelsäure aufgenommenen mineralischen Bestandteile werden dann mit heißem Wasser in die Filtrierröhrchen, die zugleich zum Kolorimetrieren dienen, quantitativ übergespült. Dann erfolgt Auffüllen bis zur 50-ccm-Marke und Zugabe von 0.6 ccm Molybdänreagens von *Zinzadze*. Schließlich werden die Lösungen 5 Minuten lang zum Erreichen der maximalen Blaufärbung gekocht und nach dem Abkühlen wieder bis zur 50-ccm-Marke aufgefüllt.

*de Vries:* Den Standpunkt von *Dreyspring*, nun bei der Phosphorsäureuntersuchung mehrere Zahlen zu bestimmen, unterschreibe ich ganz. Nur so werden wir einen Einblick in den verwickelten Phosphat-Haushalt bekommen. In unserer Station beschreiten wir seit einigen Jahren auch diesen Weg, nur bestimmen wir nebeneinander andere Zahlen wie *Dreyspring*, nämlich P-Zahl (in Wasser), P-Zitr. (in Zitronensäure) und Festlegung. Ob es wünschenswerter ist, die Böden bei einem festen pH. als bei ihrem eigenen, tatsächlich vorhandenen pH zu untersuchen, darüber sind wir noch nicht zu einem Abschluß gekommen. Das von *Dreyspring* gewählte pH von etwa 7 ist aber für unsere Böden nicht geeignet und sogar irreführend. Wir sind damit beschäftigt, eine Pufferlösung zu untersuchen, die uns ungefähr 4,8 gibt. Ich habe schon betont, daß für unsere sand- und moorkolonialen Böden das Wachstum der Pflanzen bei einem pH-Wert um 5,2—5,5 am besten ist. Ich kann verstehen, daß es Verhältnisse gibt, wie *Giesecke* gesagt hat, unter denen man zunächst zu einer Kalkung raten muß. Verallgemeinern aber darf man die Behauptung, daß der Neutralpunkt die günstigste Bodenreaktion darstelle, nicht. Man darf für die praktische Beratung nun einmal nicht generalisieren, sondern muß mit dem Bodentyp rechnen. Uns scheint vorläufig besser, unter den Verhältnissen (pH) zu untersuchen, wie sie tatsächlich im Felde vorhanden sind.

*Giesecke:* Man darf auf keinen Fall auf Grund einer Schnellmethode eine Beratung geben, wenn der Kalkzustand nicht in Ordnung ist. Wenn man bei einem Boden, beispielsweise unter pH 4 die Phosphorsäure ermittelt, wird man Fiasko erleben. Man soll dem Landwirt bei einem pH-Wert unter 5 raten, erst zu kalken und dann den Nährstoffbedarf bestimmen zu lassen.

*Dreyspring:* Ich pflichte *Giesecke* durchaus bei, daß es wertlos ist,  $P_2O_5$ -Bestimmungen in Böden durchzuführen, die Reaktionszahlen unter 5 besitzen. Das ist doch gerade der Grund, weshalb wir die Bestimmung der Boden-Phosphorsäure in stark sauren Medien, also die Verwendung von mineralischen und organischen Säuren als Lösungsmittel ablehnen. Aus der gleichen Erkenntnis bestimmen wir in jeder Bodenprobe neben dem Phosphorsäure- auch stets den Reaktionszustand und empfehlen, alle beträchtlich sauren Böden zunächst zu kalken und erst dann mit Phosphorsäure zu düngen, damit deren Wirkung möglichst sichergestellt ist.

Eben weil wir wissen, daß auf Böden unterhalb pH 5 die Löslichkeit und Pflanzenaufnehmbarkeit der Boden-Phosphorsäure meist eine wesentlich geringere und die Festlegung der Dünger-Phosphorsäure oft eine viel stärkere ist als im pH-Bereich 5,5—7,5, ermitteln wir den Phosphorsäurezustand der Böden in jener Reaktionsbreite, in der alle unsere Pflanzen gut zu gedeihen vermögen, und die immer bis zum Neutralpunkt reicht.

*de Vries:* Wie ich in einer Kurve gezeigt habe, gibt es für Roggen auf sand- und moorkolonialen Böden ein großes pH-Gebiet von 5 aufwärts, wo die Pflanze sehr gut wächst. Warum sollte man in einem solchen Falle bei einem konstanten pH auf Phosphorsäure untersuchen? Es ist



viel besser, beim pH des Bodens zu arbeiten, da man in der Praxis auch nur damit zu tun hat.

*Schmitt:* Es können keine Zweifel darüber bestehen, daß die Bodenreaktion für die Nährstoffbestimmung von großem Einfluß ist. Auch bei der *Neubauer*-Methode bekommen wir bei einem pH-Wert unter 5 falsche Werte. Wir haben Böden in einem normalen Zustand und nach einer Kalkung untersucht. Stark saure Böden waren vorher oft sehr phosphorsäurebedürftig, nach der Kalkung nicht mehr. Wir gehen von dem Standpunkt aus, erst die Reaktion zu bestimmen, und wenn sie unter 4,5 liegt, zunächst eine Kalkung zu veranlassen. Dann kann man nach drei bis vier Jahren eine richtige Beratung für die Phosphorsäuredüngung geben. Bei Sandböden soll man nur unter einem pH von 6 kalken.

*Allen:* Ich muß mich der Ansicht von *de Vries* anschließen. Der pH-Wert der Pufferlösung, die *Dreyspring* benutzt, liegt viel zu hoch. Für viele schwere Böden ist eine Kalkung bis zum Neutralpunkt unmöglich. Bei leichteren Böden läßt es sich vielleicht durchführen. Ich würde einen Reaktionsbereich vorschlagen, der zwischen 5,5 und 6 liegt. Es ist doch auffallend, daß fast alle Methoden bei leichten Böden so gut übereinstimmen, während bei schweren Böden die Differenzen geradezu katastrophal sind. Diese Erscheinung ist chemisch betrachtet gar nichts Außergewöhnliches. Bei einem leichten Sandboden, der nur Salze als Nährstoffe enthalten soll, ist es ganz gleichgültig, mit welchem Lösungsmittel ich bei der Bodenuntersuchung arbeite. Die Salze gehen sowohl bei Anwendung von reinem Wasser wie auch bei Anwendung von Säuren in Lösung. Würden wir Pflanzen auf solch einen Boden setzen, so würden wir praktisch auch zu denselben Ergebnissen kommen. Bei schweren und schwersten Böden dagegen liegen die Verhältnisse ganz anders, denn hier haben wir es mit Austauschvorgängen, Hydrolyse und auf der anderen Seite mit Absorption und Neutralisation in zunehmendem Maße zu tun. Bevor diese Einzelvorgänge nicht einwandfrei chemisch geklärt sind, werden wir auch zu keiner allgemein anwendbaren Methode gelangen. Hier haben wir nur die Möglichkeit, daß wir die chemischen Methoden den jeweiligen Verhältnissen anpassen. Wir müssen, wenn wir bei schweren Böden Bodenuntersuchungsmethoden anwenden, stets die örtlichen Verhältnisse ganz genau kennen, damit wir die durch unsere Methoden erhaltenen Zahlen auch auswerten können.

*Keller:* Wenn *de Vries* mit seinen Böden bei pH 5,5 den optimalen Ertrag erhält, braucht er nicht bei pH 6,8—7 zu untersuchen. Wenn aber bei anderen Böden der Optimalertrag bei diesem pH erreicht wird, wird man zweckmäßigerweise auch bei dieser Reaktion untersuchen.

*Allen:* Es handelt sich nicht darum, daß wir nicht anerkennen wollen, daß die Pflanze bei einem pH-Bereich von 6—7 noch gut gedeiht.

*Schmitt:* Was die Phosphorsäurelöslichkeit bei verschiedenem pH anbetrifft, so haben englische und amerikanische Arbeiten ergeben, daß sie sich zwischen pH 5,5 und 7,2 nicht viel ändert. Sie hat also für die *Dreyspring*-Methode keine Bedeutung.

*Dreyspring:* Die von *Schmitt* gemachten Ausführungen decken sich vollkommen mit den von mir gestern und heute vertretenen Ansichten. Wir werden die über diesen Punkt noch herrschenden großen Unstimmigkeiten aber zum Anlaß nehmen, um die Löslichkeit und Festlegung der Boden- und Dünger-Phosphorsäure in verschiedenen pH-Bereichen genauer zu studieren.

*Alten* möchte ich noch sagen, daß unser Lösungsmittel den pH-Wert von 6.5 besitzt, und daß das unvermeidliche Entweichen von Kohlensäure aus der Lösung während der pH-Bestimmung die Ursache ist, daß die pH-Werte dann auf 6.8—7.1 steigen. Es wäre uns selbst erwünscht, wenn die Reaktionszahlen etwas tiefer, etwa kurz oberhalb 6.0 lägen, doch glauben wir nicht, daß durch diese Reaktionsverschiebung von 7 auf 6 die Löslichkeit der Phosphorsäure beachtenswert geändert wird.

*de Vries:* Ich kann dieser Ansicht von *Schmitt* nicht zustimmen. Bei unseren Böden konnten wir mehrfach eine starke Änderung der Phosphorsäurelöslichkeit bei steigendem pH feststellen, z. B. wie folgt:

Steigendes pH	4.6	5.2	6.2	6.8
Abnehmende p-Zahl	16	12.5	8	5.5

Es nimmt also im Bereich von pH 5—6 die Phosphatlöslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser sehr stark ab.

*Arrhenius:* *Dreyspring* hat gesagt, daß er mit seiner Methode möglichst natürliche Verhältnisse nachahmen wolle. Wir können dieser Ansicht nicht zustimmen. Es ist ebenso eine unnatürliche Methode, wie die Zitronensäure-Methode. *Dreyspring* arbeitet bei pH 7; wir kommen zu einem Endwert von pH 2.5 für Zitronensäure und pH 4 für Milchsäure. Man muß das pH vom Boden bestimmen und die Phosphorsäurelöslichkeit bei diesem pH.

*Dreyspring:* Ich vermag mich dieser Auffassung von *Arrhenius*, daß unser Verfahren ein ebenso „unnatürliches“ sei wie die Zitronen- und Milchsäure-Methode, nicht anzuschließen. Wir sind hier leider grundverschiedener Meinung.



### 5. Sitzung: Mittwoch, den 15. Juli 1936, vormittags.

#### Methode Dreyspring (Fortsetzung):

*Dreyspring:* Nachdem ich Ihnen gestern einen Überblick über unser Verfahren gegeben und einige analytische Verbesserungen mitgeteilt habe, darf ich nun auf die *Auswertung* der mit diesem erhaltenen Werte zu sprechen kommen. Diese beziehen sich zunächst auf 100 g des durch 1 mm-Sieb getriebenen lufttrockenen Bodens. Bei Übertragung der Werte auf den gewachsenen Boden muß, wie das auch *Neubauer* tut, der prozentuale Anteil an Steinen und Wurzelresten größer als 1 mm berücksichtigt werden; denn sie wirken als Verdünnungsmittel. Je größer ihr Anteil ist, um so mehr wird der  $P_2O_5$ -Gehalt des Bodens gestreckt, um so geringer wird zugleich aber auch die Festlegung der Dünger-Phosphorsäure.

Der den Pflanzen während einer Vegetationszeit zur Verfügung stehende leichtlösliche  $P_2O_5$ -„Vorrat“ besteht nicht nur aus der sofort verfügbaren Menge an Boden-Phosphorsäure (die der erste Auszug des ungedüngten Bodens angibt), sondern auch aus jener Menge, die aus den sehr unterschiedlichen Phosphorsäure-Reserven des Bodens nachgeliefert wird. Das wird noch zu wenig beachtet; denn fast alle Schnellmethoden arbeiten nur mit einem Auszug.

Um einen klaren Einblick in den  $P_2O_5$ -Vorrat der Böden zu gewinnen, muß man außer dem „Sofort“-Wert (a) noch einen guten Richtungswert (b) für die nachlieferbaren Mengen an Boden-Phosphorsäure besitzen. Seine Ermittlung ist auf zwei Arten möglich: 1. durch mehrmals hintereinander folgendes Ausziehen des Bodens mit dem gleichen Lösungsmittel, 2. durch Streckung des Verhältnisses von Boden : Lösungsmittel.

Der erste Weg ist von *v. Wrangell-Meyer* (57) eingeschlagen, der zweite z. B. von *Vageler* und *Alten* (16) bei der Bestimmung der S-Werte mit  $NH_4Cl$  beschritten und von *Rauterberg* vor kurzem wieder empfohlen worden.

Wir haben die 145 internationalen Böden sowohl nach der einen wie auch nach der anderen Richtung hin untersucht. Dabei hat sich der Weg der fortlaufenden Ausschüttelung als besser und einfacher (besonders bei Verwendung unserer Saugapparatur) erwiesen, zumal sich bei allen bisher möglichen Vergleichen mit Gefäßversuchen zeigte, daß bereits der zweite Auszug eine gute Auskunft über die Größe des Nachlieferungsvermögens gibt. Wir haben uns deshalb entschlossen, den zweiten Auszug des ungedüngten Bodens zur Beurteilung des Nachlieferungsvermögens weiter zu benutzen.

Bei Ermittlung des pflanzenverwertbaren  $P_2O_5$ -Vorrats aus den Werten a und b kommt dem Wert a immer die größere Bedeutung zu.

Seine Beeinflussung durch Wert  $b$  ist erheblich, darf aber nicht soweit gehen, daß die Bedeutung des Wertes  $a$  herabgemindert wird. Wir setzen deshalb den Wert  $b$  nur zur Hälfte in Rechnung und ermitteln den pflanzenverwertbaren  $P_2O_5$ -Vorrat nach der Formel:

$$V = (a + \frac{b}{2}) \cdot 50 = \text{kg } P_2O_5/\text{ha},$$

wobei sich die Multiplikation mit 50 aus der üblichen Umrechnung von mg  $P_2O_5$  je 100 g Boden auf kg  $P_2O_5$  je ha ergibt (bei Annahme, daß 20 cm Krume/ha 5 000 000 kg wiegen).

Den Grenzwert für die „sofort verfügbare Menge“ an Boden- $P_2O_5$  (Wert  $a$ ) hatten wir in einer früheren Veröffentlichung (55) mit 1.2 mg/100 g Boden angegeben. Das Nachlieferungsvermögen der Böden gilt dann als recht gut, wenn der Wert  $b$  annähernd gleich dem Wert  $a$  ist. Dem Grenzwert von 1.2 mg bei „ $a$ “ würde somit ein Wert „ $b$ “ von mindestens 1.0 mg entsprechen.

Setzt man diese Grenzwerte in die Formel ein, so ergibt sich der Grenzwert für den direkt verwertbaren  $P_2O_5$ -Vorrat im Boden zu:

$$(1.2 + \frac{1.0}{2}) \cdot 50 = 1.7 \cdot 50 = 51.0 = \text{rd. } 50 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}.$$

Wir benutzen diese Düngebedürftigkeitsgrenze von 50 kg  $P_2O_5$ /ha immer dann als Grundlage für die Nährstoffergänzung, wenn vom Bodenprobeneinsender keine näheren Angaben über die anzubauende Frucht und die Höhe der wahrscheinlich zu erwartenden Ernte gemacht wurden, was leider noch zu oft geschieht. Das gleiche gilt für die hier untersuchten internationalen Böden. — Ferner betrachten wir alle Böden, die einen verwertbaren  $P_2O_5$ -Vorrat kleiner als 50 kg  $P_2O_5$ /ha besitzen, als unbedingt  $P_2O_5$ -arm.

In allen Fällen aber, wo uns Frucht und Ertragshöhe bekannt sind, erfolgt die Auswertung individuell. Zu diesem Zwecke haben wir die Werte für das  $P_2O_5$ -Bedürfnis der Pflanzen für sämtliche Feld- und Gartenfrüchte auf Grund des Nährstoff-Entzuges durch hohe Ernten und unter Berücksichtigung ihres verschiedenen Aneignungsvermögens für  $P_2O_5$  zusammengestellt.

Ich darf das durch zwei Beispiele erläutern:

Der Boden 106 hatte bei einem Steinanteil von 51 % einen Wert  $a = 0.57$ ,  $b = 0.14$  mg  $P_2O_5$ /100 g Boden. Für ihn ergibt sich somit ein  $P_2O_5$ -Vorrat von

$$(0.57 + \frac{0.14}{2}) \cdot 50 = 15.2 = \text{rd. } 15 \text{ kg/ha}.$$

Er ist somit ausgesprochen phosphorsäurearm und zu allen Kulturpflanzen düngbedürftig. Auf ihm soll z. B. Gerste angebaut werden.

Eine gute Durchschnittsernte von 55 dz Körnern und 50 dz Stroh/ha entzieht dem Boden 55–40 kg  $P_2O_5$ /ha. Nun besitzt Gerste bekanntlich von allen Halmfrüchten das geringste  $P_2O_5$ -Aneignungsvermögen. Ihr Düngebedarf ist deshalb größer als der Nährstoffentzug, und zwar mit rund 50 kg  $P_2O_5$ /ha zu veranschlagen; denn sie muß an einen „vollgedeckten Tisch“ gesetzt werden. Es klafft also eine  $P_2O_5$ -Lücke von  $50 - 15 = 35$  kg  $P_2O_5$ /ha, die durch Düngung zu schließen ist.



Boden 116 besitzt bei 20 % Steinen die Werte  $a = 0.82$ ,  $b = 0.66$ . Daraus ergibt sich ein direkt verwertbarer  $P_2O_5$ -Vorrat von

$$(0.82 + \frac{0.66}{2}) \cdot 30 = 35 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}.$$

Dieser sandige Lehm Boden enthält noch genügend direkt verwertbare Phosphorsäure für Durchschnittsernten von Bastard-, Inkarnat- und Weißklee, von Lupine, Hirse, Buchweizen, Tomate, Salat, Bohne u. a. Sein  $P_2O_5$ -Vorrat reicht aber nicht mehr aus z. B. für alle Getreidearten, für Kartoffeln, Rüben, Raps, Luzerne usw.

Nehmen wir an, es sollen auf diesem Boden Kartoffeln angebaut werden. Eine gute Kartoffelernte von 300 dz Knollen und 100 dz Kraut/ha entzieht ihm rund 55 kg  $P_2O_5$ /ha. Die  $P_2O_5$ -Differenz beträgt (unter Nichtberücksichtigung einer eventuellen Stallmistdüngung) in diesem Falle also  $55 - 35 = 20 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$ , die durch Düngung zu decken ist.

Die alleinige Ermittlung des sofort pflanzenverfügbaren  $P_2O_5$ -Vorrats genügt nur, solange wie die Böden als ausreichend mit Phosphorsäure versorgt erkannt werden. Sobald aber ein mehr oder weniger großer  $P_2O_5$ -Mangel festgestellt wird, drängt sich die weitere Frage auf: „Welche  $P_2O_5$ -Gaben sind erforderlich, um das festgestellte Defizit (d) zu beseitigen?“ Zu ihrer Beantwortung ist noch ein dritter Wert, nämlich die Kenntnis der Konzentrationserhöhung (k) erforderlich, die die Bodenlösung durch  $P_2O_5$ -Düngung erfährt.

Diese ergibt sich zu:

$$\text{Konzentrationserhöhung (k)} = (c - a) \cdot 2.$$

In dieser Gleichung ist c der  $P_2O_5$ -Wert des ersten Auszugs der im Laboratorium gedüngten Probe.

Die zur Auffüllung der vorhandenen Nährstofflücke zu verabreichende  $P_2O_5$ -Düngung (x) errechnet sich daraus zu

$$\text{Erforderliche } P_2O_5\text{-Gabe (x)} = \frac{\text{Nährstoff-Defizit (d)} \cdot 5}{\text{Konzentrationserhöhung (k)}} \text{ in kg/ha}$$

Für die Düngerberechnung ist von erheblichem Einfluß, wie groß man die im Laboratoriumsversuch gefundene Konzentrationserhöhung der Bodenlösung an  $P_2O_5$  in Ansatz bringt.

In der großen Übersichtstabelle, in der alle  $P_2O_5$ -Werte vergleichsweise zusammengefaßt sind, die nach den verschiedenen Methoden erhalten wurden, ist von unserem Verfahren nur der „direkt pflanzenverwertbare  $P_2O_5$ -Vorrat“ in kg/ha der 122 Böden, der sich aus den Werten a und b ergibt, auf Anraten von *Mitscherlich* angeführt. Von der Mitangabe der ermittelten  $P_2O_5$ -Düngergaben möchten wir bis zur genaueren Erfassung des Bezugswertes für den Ansatz der Konzentrationserhöhung noch Abstand nehmen.

Zum Schluß möchte ich *de Vries* noch sagen, daß uns sein Urteil über die Ungeeignetheit unserer Methode für seine leichten, stark humosen Böden überrascht. Es ist doch im allgemeinen so, daß bei leichteren Böden alle Schnellmethoden befriedigende Resultate liefern. Die Schwierigkeiten treten erst auf, je schwerer die Böden sind. Wir glauben, leichte und schwere Böden gleichermaßen gut mit unserem Verfahren zu erfassen. Für Holland haben wir bereits eine große Reihe von

Versuchsböden untersucht, so für *Hudig-Wageningen*, *Cleveringa-Zutphen* und *Dr. Knapp-Utrecht*. Diese Herren waren mit unseren Befunden recht zufrieden.

*de Vries*: Bei schweren Böden, wie *Hudig* sie untersucht hat, mag ein End-pH von etwa 7 einen praktisch brauchbaren Zustand vorstellen, bei Sandböden und anmoorigen Böden bezweifle ich die Anwendbarkeit für praktische Beratung. Ich möchte nun *Dreyspring* fragen, warum neuerdings die Bestimmung des 4. Wertes (zweiter Auszug des gedüngten Bodens) wegfällt, und damit auch die Darstellung in Parallelogrammform?

*Dreyspring*: Wir hatten bis vor Jahresfrist sowohl vom ungedüngten wie auch vom gedüngten Boden je zwei Auszüge vorgenommen. Der zweite Auszug des gedüngten Bodens war der Wert 4. Seine Überhöhung gegenüber dem zweiten Auszug des ungedüngten Bodens gab uns einen Anhaltspunkt für voraussichtliche Nachwirkung der  $P_2O_5$ -Düngung. Wir haben ihn neuerdings weggelassen, weil er weniger wichtig und für die Ermittlung der erforderlichen Düngung entbehrlich ist. Wir wollen dadurch zugleich das Untersuchungsverfahren einfacher und billiger gestalten.

*de Vries*: Es stellt sich also heraus, daß der 4. Wert nicht auf Grund von Versuchsergebnissen, sondern nach einigem Herumprobieren weggelassen wurde. Wir bestimmen auch die Festlegung. Wir sehen nur die Bedeutung anders. Wir wollen eine Idee von der Eigenschaft des Bodens bekommen. Wir geben nur Annäherungswerte bei der Festlegung (etwa 80, 85, 90 %), keine genauen Einheiten. Der Unterschied zwischen der Festlegung im Felde und der bei der chemischen Untersuchung ist zu groß, als daß wir daraus die zuzusetzenden Mengen Phosphordünger berechnen könnten. Wir geben Festlegungszahlen in Prozenten an in den Abständen von je 5 %; wenn *Dreyspring* (siehe Tabelle X) nicht nur mit Einheiten, sondern sogar mit Dezimalzahlen arbeitet, dürfte ein Fall von Dezimalkrankheit vorliegen. Eine direkte rechnerisch zu verwertende Beziehung zwischen der Festlegung im Felde und der im Laboratoriumsversuch besteht nicht, ebenso wenig wie bei der Nachlieferung.

*Dreyspring*: Den Werten der prozentualen Festlegung der Düngersäure in der Ihnen zugegangenen Tabelle ist für die Praxis natürlich nicht die Bedeutung beizumessen, die die Angabe der Dezimale zu besagen scheint. Diese Zahlen geben lediglich die errechneten Werte wieder. Selbstverständlich kommen für die Beurteilung nur ganze Zahlen in Betracht.

*Pabloschi*: Welchen Beweis hat *Dreyspring* dafür, daß organisch gebundene Phosphorsäure aufgenommen wird?

*Dreyspring*: Eigenes Beweismaterial habe ich dafür nicht zur Hand. Aus zahlreichen Literaturangaben geht aber hervor, daß die organisch gebundene Phosphorsäure besonders nach ihrer Mineralisierung nicht viel schlechter pflanzenausnutzbar sein kann als die anorganische.

*Mitscherlich*: Wir haben festgestellt, daß die Phosphorsäure im Stalldünger oft wertvoller ist, als im Thomasmehl und Superphosphat.



*Sauerlandt:* Wir haben Versuche mit Glycerinphosphat und ähnlichen Phosphorsäureverbindungen neben Stallmist durchgeführt und haben auch bei Sandböden recht gute Wirkung bekommen (58). Allerdings bewährte sich die frische Substanz nicht. Die Aufnahme von Phosphorsäure aus unzersetztem Phytin war viermal so klein wie aus zersetztem. Wir sind der Ansicht, daß organisch gebundene Phosphorsäure erst nach der Mineralisierung aufgenommen wird. Organisch gebundene Phosphorsäure als solche ist wahrscheinlich nicht aufnehmbar.

#### Methode de Vries und Heiterschy:

*de Vries:* Wir sind damit beschäftigt, die Methode der Phosphorsäurebestimmung (6 u. 59) auszudehnen, weil man mit einer oder mit zwei Zahlen nicht gut auskommen kann. Wir gehen dabei so vor:

1. Extraktion mit kohlensäurehaltigem Wasser.
2. Phosphorsäure löslich in 1%iger Zitronensäure.
3. Festlegungsbestimmung.
4. Nachlieferungsbestimmung.

Wir arbeiten im ersten Fall bei 50° C. um gleichmäßige und erhöhte Extraktion zu bewirken. Es gibt dies einen Anhalt dafür, ob in der Bodenlösung viel oder wenig Phosphorsäure vorhanden und somit der Pflanze direkt und leicht zugänglich ist. Über den Vorrat von der Pflanze, wenigstens teilweise zugänglicher Phosphorsäure gibt uns erst die zweite Bestimmung mit Zitronensäure Auskunft. P-Total nach *Lemmermann* bestimmen wir nur selten, z. B. in Untersuchungen über den Phosphorsäurehaushalt. Für die Düngerberatung lehrt diese Zahl wenig oder nichts. Die „relative Löslichkeit“ von *Lemmermann* haben wir ersetzt durch einen Vergleich zwischen P-Wasser und P-Zitronensäure; als Verhältniszahl ist diese nicht so brauchbar, wohl aber als Hinweis auf die Verfügbarkeit und den pflanzennützlichen Vorrat der Phosphorsäure. Die Festlegungs- und Nachlieferungsbestimmung wird nicht immer angewendet. Die Phosphorsäure ist in den moorkolonialen Böden sehr beweglich. Wir finden darum hohe P-Zahlen in Wasser bei relativ geringer P-Zahl in Zitronensäure. Im Untergrund findet man bei den moorkolonialen Böden sogar P in Wasser gleich P in Zitronensäure, was sonst wohl selten auftritt. Bei anderen Moorböden ist es vielleicht ähnlich, bei Tonböden ist es wahrscheinlich anders. Im Sand finden wir meist niedrige P-Zahlen in Wasser, oft hohe P-Zahlen in Zitronensäure. Wie bereits mehrfach betont, liegt die Düngerphosphorsäure in Nestern vor. Die Pflanze sucht aber diese Phosphorsäurenester mit ihren Wurzeln nicht auf; diese neuerdings, u. a. von *Rauterberg* vorgebrachte Idee, muß in das „Reich der Fabel“ verwiesen werden (Bilder und Erläuterungen).

Bei P-Reichtum in bestimmten Bodenteilen (z. B. in der Krume) erfolgt in anderen Teilen, z. B. im Untergrund verstärkte Wurzelentwicklung, daher eine gesteigerte Aufnahme von Wasser, evtl. Stickstoff und Kali. Die lokale P-Zuführung bringt mehr Erträge durch sekundäre Wirkungen. Die Sachlage darf nicht nur nach chemischen Begriffen beurteilt werden; immer muß dabei auch die physiologische Seite betrachtet werden, und es sollte beim Studium der Bodenfruchtbarkeitsprobleme immer Chemiker und Physiologe zusammen arbeiten. Bei lokal ge-

düngter Phosphorsäure hat man nicht nur (chemisch) eine stärkere Abstumpfung der Festlegung, also lokal eine höhere Löslichkeit in der Bodenlösung und größere Verfügbarkeit, sondern die Pflanze reagiert bei Phosphatarmut auch selbst noch, indem sie an diesen Stellen ein stärkeres Wurzelnetz entwickelt (morphologische Kompensation) und daneben an den P-reichen Stellen auch noch pro g Wurzelsubstanz mehr Phosphat aufnimmt (physiologische Kompensation). Die Vorgänge sind also weit verwickelter, als sich aus nur chemischen Betrachtungen folgern ließe (Bilder und Kurven).

*Dreyspring:* Wir haben ebenfalls feststellen können, daß die Pflanzenwurzeln künstlich geschaffene  $P_2O_5$ -Konzentrationspunkte nicht aufsuchten, obwohl man nach der früheren Anschauung doch eigentlich das Gegenteil hätte erwarten müssen. Beim Kalk ist es anders. Ich denke da an frühere Versuche von *Immendorff* mit Möhren, bei denen saure Böden schichtweise gekalkt wurden, und zwar so, daß auf eine gekalkte Schicht immer eine ungekalkte folgte. Es zeigte sich, daß die Möhren in den gekalkten Schichten ein starkes Wurzelwerk bildeten, während sie die ungekalkten Zwischenschichten zu meiden versuchten oder auf kürzestem Wege nur durchstießen.

*de Vries:* Das Verhalten gegenüber kalkhaltigen Bodenschichten ist bei den einzelnen Pflanzen verschieden. Weizen bildet auch in sauren Bodenschichten ein gutes Wurzelwerk, Kartoffeln hingegen weniger, Rüben fast gar nicht. (Der Referent legt hierzu photographische Aufnahmen vor.)

*Dreyspring:* Der Gedanke, die nachlieferbare Phosphorsäure mit Zitronensäure bestimmen zu wollen, ist an und für sich gut. Diese Möglichkeit wurde schon 1932 von *Arrhenius* erwogen. Allerdings nimmt man mit der 2%igen Zitronensäure einen sehr starken Eingriff in den Boden vor. Es werden durch ihre Einwirkung schon Phosphatreserven mobilisiert, die den Pflanzen unter natürlichen Verhältnissen teils erst nach Jahren zur Verfügung stehen.

Wenn man einerseits die Auffassung vertritt, daß die Ermittlung der leichtlöslichen Bodennährstoffe stets beim jeweiligen pH-Wert der Böden vorgenommen, d. h. ein so labiles und zartes Lösungsmittel verwendet werden soll, daß es sich der Bodenreaktion von Fall zu Fall anpaßt, so ist es andererseits kaum zu vertreten, wenn man den Boden zur Nachlieferungsbestimmung mit 2%iger Zitronensäure in den für Kulturböden unnatürlichen pH-Bereich 2,2–2,8 hineinzwängt. Es dürfte diesem Gedankengang weit mehr entsprechen, wenn die Nachlieferung durch mehrfache Auszüge mit dem schwachen und nicht durch Anwendung eines zweiten starken Lösungsmittels bestimmt würde.

*Prjanischnikow:* Ob es zweckmäßig ist, die Phosphorsäure gleichmäßig oder ungleichmäßig im Boden zu verteilen, hängt von der Eigenart des jeweiligen Bodens ab. Bei sesquioxidgeichen Böden ist eine Lokalisierung der Phosphorsäure zweckmäßig, um damit einer starken Festlegung vorzubeugen. Bei Podsolböden ist eine gleichmäßige Verteilung besser, besonders dann, wenn man Phosphorit anwendet, das ja im Boden noch aufgeschlossen werden soll.



*Mitscherlich:* Man kann sich beim Ausstreuen der Phosphorsäuredünger nach folgender Regel richten: Legt der Boden Phosphorsäure nicht fest, so ist es zweckmäßig, sie gleichmäßig zu verteilen, besonders, wenn der betreffende Dünger im Boden noch aufgeschlossen werden soll. Legt dagegen der Boden die Phosphorsäure fest, so ist nesterartige Verteilung am Platze.

#### Laktatmethode nach Egnér:

*Franck:* Wir arbeiten genau nach den Vorschriften von Egnér (40). Wir wenden lufttrockenen Boden an. Wir bekamen Unterschiede, wenn wir den gleichen Boden einmal natürlich und einmal künstlich trockneten. Wir streben einen pH-Wert von etwa 5.8 an. Bei kalkreichen Böden treten oft höhere pH-Werte auf, etwa bis zu pH 6. In diesen Fällen muß man zu einer anderen Methode übergehen, da die Laktatmethode versagt. Bei sauren Böden ist die Übereinstimmung unserer Methode mit dem Gefäßversuch recht gut, bei alkalischen Böden weniger. Man muß also den pH-Wert berücksichtigen, z. B. ist die Methode nicht anwendbar bei den Böden 29, 32, 33, 49, da diese zu kalkreich sind. Auch bei phosphorsäurereicheren Böden ist die Streuung gegenüber dem Gefäßversuch größer als bei ärmeren. Wir haben auch untersucht, ob die Menge angewandten Bodens auf 400 ccm des Lösungsmittels einen Einfluß auf das Ergebnis hat. Wir haben festgestellt, daß wir mit 1 g Boden sehr gut arbeiten können. Wenn wir die verschiedenen Einflüsse berücksichtigen, ist eine mathematische Formulierung bei sauren Böden in bezug auf Übereinstimmung von Laktatmethode und Gefäßversuch möglich. Wir haben folgende Formel errechnet:

$$\log y = 0,947 \log x_1 + 0,0416 x_3 - 0,590 x_4 + 2,478 \pm 0,595$$

darin bedeutet

$x_1$  = Laktatzahl

$x_3$  = Hygroskopizität

$x_4$  = pH in Wasser.

Bei höherer pH-Zahl der Lösung muß man einen geringeren Grenzwert annehmen. Bei der 2. Ausschüttelung ergibt sich ein Verhältnis der 1. zur 2. Ausschüttelung etwa wie 3 : 1. Wir haben mit vielen Lösungsmitteln gearbeitet. Es hat wenig Sinn, eine andere Konzentration zu wählen. In Schweden werden alle Feldversuche gleichzeitig durch Bodenuntersuchungen ergänzt. Wir haben eine große Anzahl von Feldversuchen durchgeführt und recht gute Übereinstimmung mit der Laktatmethode erzielt. In trockenen Jahren kommt es auch häufig vor, daß die Phosphorsäure im obersten Teil der Krume liegen bleibt und keinen Düngewert hat.

*Pavlovschi:* Bei karbonathaltigen Böden haben Sie also höhere Werte gefunden?

*Franck:* Es zeigt sich ein Unterschied bei verschieden hohem Karbonatgehalt der Böden. Sind die Böden so stark kalkhaltig, daß der pH-Wert nicht unter 6 geht, so bekommen wir zu niedrige Werte. Wird pH 5.8 erreicht, so ergibt die Laktatmethode höhere Werte als der Gefäßversuch.

*Dreyspring:* Wir hatten 1931—32 in Gemeinschaft mit Arrhenius rd. 350 schwedische Böden auf ihren Phosphorsäuregehalt mit verschiedenen

Lösungsmitteln untersucht. Wir benutzten außer 2%-, 1%- und ½%iger Zitronensäure auch eine Lösung, bei der die 1 %ige Zitronensäure so weit mit MgO abgesättigt wurde, daß noch ½ %ige Zitronensäure übrig blieb. Dieses Puffergemisch von Zitronensäure und Mg-Zitrat besitzt den pH-Wert 5,8—5,9.

Lange Zeit nach Fertigstellung dieser Untersuchungen sandte uns *Arrhenius* die in den gleichen Bodenproben nach der Laktatmethode erhaltenen Befunde zu. Beim Vergleich mit unseren Ergebnissen machten wir die überraschende Feststellung, daß die von *Arrhenius* ermittelten Laktatwerte mit den von uns in Mg-Zitrat erhaltenen bis auf wenige Ausnahmen recht gut übereinstimmten. Diese Feststellung fand ihre einfache Erklärung darin, daß der Laktat- und der Mg-Zitratpuffer fast den gleichen pH-Wert besaßen. Dieser starke Einfluß der H<sup>+</sup>-Konzentration auf die Löslichkeit der Phosphate äußert sich jedoch, wie bereits früher erörtert wurde, nur unterhalb 5,0—5,5. Ich vermag nicht einzusehen, warum die Böden zur P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Bestimmung auf einen so hohen Säuregrad wie pH 5,8 gebracht werden müssen. Ich halte einen mittleren pH-Bereich, der bei etwa pH 6,0 liegt, hierfür für günstiger und zweckmäßiger.

*Franck*: Während *Dreyspring* mit drei Ausschüttelungen arbeitet, genügt bei uns eine. Es ist aber selbstverständlich, daß man bei einer Ausschüttelung ein saures Extraktionsmittel anwenden muß. Bei der *Dreyspring*-methode ergeben sich Werte, die nach der Gefäßmethode reich sind, nach *Dreyspring* aber noch sehr stark „mit Superphosphat“ gedüngt werden müssen. Dann ist noch die Frage, ob wir wirklich die Festlegung der Phosphorsäure auf chemischem Wege so gut bestimmen können, daß man auf Grund derselben Beratungen geben kann.

*Dreyspring*: Wenn *Franck* durch Anwendung eines stärkeren Lösungsmittels die Nachlieferung in der ersten Ausschüttelung mitbestimmt, hat er aber keinen Anhalt dafür, wie groß der Anteil der sofort pflanzenverfügbaren Menge der Boden-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ist. Das ist aber hinsichtlich der Jugendernährung der Pflanzen recht wichtig zu wissen. Durch die gemeinsame Ermittlung von sofort verfügbarer und nachlieferbarer Boden-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> faßt er aber nicht drei, sondern nur zwei unserer Auszüge zusammen, nämlich den ersten und zweiten des ungedüngten Bodens.

Die große Diskrepanz bei den nach der Gefäßmethode reichen Böden ist allerdings recht unerfreulich. Sie ist aber bei *Franck* wie überhaupt bei allen anderen Methoden größer als bei uns. Wir erzielten bei den reichen Böden immer noch eine Übereinstimmung in 15, *Franck* nur in 8 von 25 Fällen. Wir können uns hier vorläufig gemeinsam trösten in der Erkenntnis, daß es immer noch eher tragbar ist, wenn einmal ein reicher Boden als ungenügend versorgt erkannt wird, als daß umgekehrt arme Böden als ausreichend mit P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> versorgt angesprochen werden.

Auffallend ist jedoch, daß bei 4 von den 8 reichen Böden, wo wir keine Übereinstimmung mit dem Gefäßversuch erzielten, nach sämtlichen 26 Vergleichen übereinstimmend festgestellt wurde, daß sie ungenügend mit P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> versorgt sind. Es sind das die Böden 51, 60, 71 und 102. Bei den restlichen vier Böden (Nr. 24, 55, 95, 116) lieferten nur 2—3 von den 26 methodischen Vergleichen Ergebnisse, die mit dem Gefäß-



versuch in gleicher Richtung liegen. Es drängt sich hier unwillkürlich die Frage auf, ob in diesen acht Fällen, zum mindesten in den ersten vier, das Gefäßversuchsergebnis wirklich als absolut stichhaltig zu betrachten ist.

*Niklas:* Es fällt doch auf, warum die Übereinstimmung zwischen Laktatmethode und Gefäßversuch so gut ist. Wir haben dabei eine Korrelationszahl von 0.85. Ich möchte hier auf einige Sätze aus einer Veröffentlichung von *Mitscherlich* hinweisen. Da beim Gefäßversuch nur  $\frac{1}{6}$  der Krume angewandt wird, ist eine Voraussage auf etwa sechs Jahre möglich. Auch die Laktatmethode gibt Auskunft über den Phosphorsäurevorrat des Bodens auf längere Sicht hin, daher die Übereinstimmung. Ich betone, daß ich den Gefäßversuch für außerordentlich wertvoll halte. Man sieht aber, daß sich auch mit organischen Säuren viel erreichen läßt. Man muß eben unter maximalen Bedingungen arbeiten, um tiefere Einblicke in das mobile Nährstoffkapital zu gewinnen.

*de Vries:* Ich bin ein Gegner aller Berechnungen von der Größe der zu gebenden Düngermenge auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse. Wie schon gesagt, dazu sind die Verhältnisse im Felde zu kompliziert; und dabei muß der Landwirt sich immer für das Risiko der Wetterverhältnisse usw. decken. Dann muß ich wieder darauf hinweisen, daß zum Feldversuch unseres Erachtens auch stets Boden- und Pflanzenanalyse gehört. Schließlich möchte ich fragen: Ist der Beweis erbracht für die Richtigkeit der sechsjährigen Voraussage durch den Gefäßversuch nach *Mitscherlich*? Es erscheint mir diese einfache Rechensumme  $\frac{1}{6}$  Krume, also sechs Jahre Voraussage, weder kolloidchemisch noch pflanzenphysiologisch verantwortlich, da der Zusammenhang sicher keine gerade, sondern eine gekrümmte Linie sein wird.

*Mitscherlich:* Es haben viele Gefäß- und Feldversuche gute Übereinstimmungen gezeigt. Ich muß hier auch nochmals darauf hinweisen, daß der Gefäßversuch relative Werte ergibt zwischen den Erträgen des gedüngten und des ungedüngten Bodens, was einen außerordentlich großen Vorteil darstellt. Findet man bei einer Sandverdünnung von 1:2 nun keine Ertragssteigerung infolge einer Düngung, so hat der betreffende Boden für drei minus ein Jahr = 2 Jahre genügende Mengen an dem betreffenden Nährstoff für Höchsterträge. Wir multiplizieren die Ergebnisse aber noch mit dem Faktor 2, um dadurch die unter einer Krumentiefe von 15 cm (Versuchsgefäß) befindlichen Nährstoffe zu erfassen, so daß durch die Bestimmung der Nährstoffvorrat für sechs minus ein Jahr (dem Versuchsjahr), also auf fünf Jahre bestimmt werden kann.

*Niklas:* Es ist bekannt, daß die *Neubauer*-Methode bei uns weit verbreitet ist. Auch sie arbeitet unter maximalen Bedingungen, in dem der Boden stark ausgesogen wird. Es wäre wahrscheinlich auf diesem Weg viel zu machen gewesen. Ich muß bei der *Neubauer*-Methode beanstanden, daß sie in ihrer Entwicklung nicht nach der Richtung des Düngerversuches hin weiter ausgebaut wurde. Das wäre ein sehr wertvoller Ausbau geworden.

*Sauerlandt:* Wir konnten die Übereinstimmung zwischen Gefäßmethode und Ergebnissen der Praxis wiederholt feststellen. Auch die Statik gab dem Gefäßversuch meist recht.

*Allen:* Es ist doch auffallend, daß fast alle Methoden bei leichten Böden so gut stimmen und bei schweren nicht. Man muß sich doch mal grundsätzlich darüber klar werden, was eigentlich bei der Einwirkung unserer Lösungsmittel auf den Boden vor sich geht.

Haben wir einen ganz leichten Sandboden, so findet bei der Extraktion praktisch nur eine Lösung statt. Ob wir dabei mit 10 %iger Schwefelsäure, mit Milch- oder Essigsäure arbeiten, ist einerlei. Wir lösen die absolute Menge aus dem Boden heraus, weil wir H-Ionen im Überfluß haben. Die Pflanze macht es in diesem Fall ebenso. Sie hat die gleichen Vorräte zur Verfügung. Wir wissen, daß auf schwereren und schwersten Böden die Verhältnisse ganz anders liegen. Hier spielen die Begriffe Absorption, Neutralisation und dergleichen eine zunehmende Rolle. Wir müssen uns darüber klar werden, daß wir über die Ergebnisse der chemischen Methoden immer weiter diskutieren können; zu generellen Ergebnissen werden wir nie kommen. Die chemischen Methoden müssen den jeweiligen Verhältnissen angepaßt werden.

*Giesecke:* Ich verstehe nicht, wie Niklas auf Grund einer chemischen Methode auf Jahre hinaus den Düngerhaushalt angeben will. Das ist doch unmöglich. Man ermittelt doch lediglich das, was bei einer bestimmten Wasserstoffionenkonzentration an Nährstoffen in Lösung geht.

*v. Boguslawski:* Ich habe Gefäßversuche mit verschiedenen Boden-Sand-Gemischen ausgeführt. Im allgemeinen ging die Kaliumaufnahme dem Mischungsverhältnis parallel. Bei manchen Böden konnte ich jedoch Ausnahmen in beiderlei Richtung, also nach oben und nach unten feststellen. Ich führe diese Ausschläge auf die Verschiebung des Gesamt-Basenhaushaltes zurück, denn mit der Sandverdünnung werden alle anderen Faktoren verdünnt, die wir in der Grunddüngung nicht berücksichtigen. Im Gefäßversuch als Methode hat *Mitscherlich* von jeher die für die Kaliwirkung mit ausschlaggebenden Faktoren Kalk und Natrium in der Grunddüngung berücksichtigt, so daß von dieser Seite her kein erheblicher Einwand gegen die Gefäßmethode erhoben werden kann.

*Niklas:* Es ist doch klar, daß die chemischen Methoden sehr viele Nährstoffe aus dem Boden herausholen, da sie unter maximalen Bedingungen arbeiten. Dadurch erhalten wir Ergebnisse, die uns tatsächlich auf eine Reihe von Jahren hinaus Voraussagen über den Nährstoffzustand des Bodens machen lassen.

*Allen:* Es besteht doch ein wesentlicher Unterschied zwischen Neubauer- und Gefäßmethode. Beim Neubauerversuch werden 2 g organische Substanz in Kohlensäure umgewandelt und diese freigewordene Energiemenge wirkt auf den Boden ein. Beim Topfversuch dagegen haben wir es mit zusätzlichen Energien zu tun, es wird tatsächlich Substanz aufgebaut. Nur darin liegt der physiologische Effekt; die einzelnen Nährstoffe tragen mit bei zum Aufbau organischer Substanz. Die Neubauer-Methode dagegen ist praktisch eine chemische Methode.



*Franck:* Wir wissen nicht, ob wir mit der Milchsäure den Phosphorsäurevorrat für mehrere Jahre genügend bestimmen können oder nicht; allerdings haben wir tatsächlich eine gute Übereinstimmung der Laktatmethode mit dem Gefäßversuch. Die Ansicht von *Niklas* kann durchaus richtig sein.

*de Vries:* Wurde bei der Laktatmethode, die für das Karbonat berechnete Säuremenge besonders zugegeben? Ist untersucht worden, wie sich die Phosphorsäurelöslichkeit mit dem pH-Wert des Extraktes ändert?

*Franck:* Der Einfluß eines besonderen Laktatzusatzes für vorhandenes Karbonat wurde nicht untersucht. Die Löslichkeit der Phosphorsäure ändert sich mit dem End-pH: je saurer dies ist, desto mehr Phosphorsäure ist löslich.

*de Vries:* Eingehende Untersuchungen wären da sehr interessant, da, wie wir gezeigt haben, bei der Zitronensäure die Verhältnisse gerade umgekehrt liegen und die Phosphatlöslichkeit bei niedrigerem pH etwas kleiner ist. Ein Vergleich zwischen dem mehr detaillierten Chemismus der beiden Methoden wäre sehr wünschenswert.

*Schmitt:* Die Löslichkeit der Phosphorsäure ist auch von dem Verhältnis Bodenmenge zu Menge an Lösungsmittel abhängig.

*Dreyspring:* Wir haben das Verhältnis g Boden : ccm Lösungsmittel von 1 : 100 bis 50 : 100 bei etwa 50 Böden verschiedener Art und von verschiedenem Phosphorsäuregehalt variiert.

Die Änderung der  $P_2O_5$ -Werte, bezogen auf 100 g Boden, erfolgt nicht linear. Die erhaltenen Löslichkeitskurven lassen eine erhebliche Gesetzmäßigkeit erkennen. Sie unterscheiden sich nur durch die unterschiedliche Phosphorsäuregrundlage.

Das Verhältnis Boden : Lösungsmittel sollte im Angleich an die Verhältnisse der Natur eigentlich möglichst eng gewählt, d. h. der Boden sollte nur in einen teigigen, breiigen Zustand versetzt werden. Die massenanalytische Verarbeitung derart behandelter Böden ist aber recht umständlich, die erhaltenen Filtratmengen sind zu gering und die ermittelten Phosphorsäurewerte differenzieren zu wenig.

Andererseits sind Verhältnisse wie 1 : 100 bis 5 : 100 bereits zu weit. Am besten fährt man, wenn man ein mittleres Verhältnis von 20 : 100 oder 25 : 100 wählt. Wir haben uns für 20 : 100 entschieden; denn bei seiner Anwendung erhält man gute Bodensuspensionen, genügende Filtratmengen und eine gute Differenzierung der Phosphorsäurewerte.

*Franck:* 1 und 5 g Einwaage bei 400 ccm Lösungsmittel ergaben bei uns das gleiche Resultat. Der Fehler war bei 1 g oft kleiner als bei 5 g.

*Sauerlandt:* Die Wahl des Verhältnisses ist konventionell. Es wurden von *v. Wrangell* (41) Versuche in dieser Hinsicht angestellt. Ebenso hat *Mitscherlich* (42, 43) früher darüber gearbeitet und diese Beziehungen klargestellt. Bei weiten Verhältnissen ergeben sich größere Unterschiede.

*Dreyspring:* Wir halten eine Bodeneinwaage von nur 1 g, wie sie *Franck* bei der *Egnér*-Methode und auch *v. Wrangell-Meyer* für die

Nährstoffbestimmung benutzen, für zu klein. Man ist bei Verwendung einer so kleinen Bodenmenge, auch wenn diese durch ein 1- oder 2-mm-Sieb abgeseiht wurde, infolge der Unhomogenität des Bodenmaterials noch zu großen Zufälligkeiten ausgesetzt. Außerdem ist zu bedenken, daß man den Befund von 1 g Boden dann oft auf Flächen bis zu 1 ha Größe zur Auswertung bringt.

*Arrhenius:* Über unsere Laktatmethode (40) ist nicht viel zu sagen. Die Resultate stimmen recht gut mit dem Gefäßversuch überein. *Franck* möchte ich bitten, die Dezimalen bei seinen Angaben wegzulassen.

*Franck:* Ich möchte *Arrhenius* fragen, ob er die Böden bei 105° C im Trockenschrank trocknet?

*Arrhenius:* Früher haben wir das getan, jetzt nicht mehr. Wir arbeiten genau nach der Vorschrift der Methode.

*Franck:* Bei kleinen Werten muß man auch Dezimalen angeben; *Egnér* (40) tut dies ebenfalls.

#### Zitronensäure-Methode:

*Niklas:* Die Zitronensäuremethoden nach *König-Hasenbäumer* und *Lemmermann* wurden seinerzeit in Budapest von der Kommission für chemische Bodenanalyse international anerkannt.

*Mitscherlich:* Da wir alle Methoden heranziehen wollen, ist es überholt, ob einzelne international anerkannt wurden oder nicht.

*de Vries:* Es macht für unser vergleichendes Studium meines Erachtens nichts aus, ob eine Methode international anerkannt ist oder nicht. Damals geschah dies nach derzeitigen Ansichten; wir streben jetzt ein mehr detailliertes vergleichendes Studium an und stellen andere Ansprüche. Wir wollen nicht in erster Linie einen Kompromiß bei der Wahl, z. B. zwischen 1 %iger und 2 %iger Zitronensäure, sondern wir wollen wissen, wie beide Säuren wirken (End-pH, in Lösung gebrachte Nebensubstanzen usw.) und welche uns einen wertvolleren Einblick in das polydimensionale Problem gibt.

*Niklas:* Ich bin der Ansicht, daß man die chemischen Methoden unbedingt enger an die pflanzenphysiologischen anlehnen muß.

*Arrhenius:* Die 2 %ige Zitronensäure hielten wir für geeigneter wegen des Pufferungsvermögens der Böden (44, 45, 46). Sie gab uns bessere Ergebnisse als die 1 %ige Zitronensäure. Die Ergebnisse vergleichen wir mit den Erfahrungen der Bauern und fertigen dann Karten an, insbesondere in Südschweden. Wir fanden, daß Feldversuche und chemische Methoden sich gut ergänzten; es war gleichzeitig eine Prüfung der Methoden. Natürlich müssen wir auch Bodenreaktion, physikalische Eigenschaften usw. zur Beurteilung heranziehen.

*Mitscherlich:* 2 %ige Zitronensäure ergibt zu hohe Werte und daher geringe Differenzen. Die Methode ist weniger gut. In Oxford wurde bereits darauf hingewiesen (47).



### Essigsäure-Methode nach Demolon und Barbier:

Burgevin fait remarques que cette méthode a donné de bons résultats pour certains catégories de sols (sols ne renferment pas de  $\text{CaCO}_3$  et à pouvoir de fixation pour  $\text{P}_2\text{O}_5$  assez marqué). Elle n'est cependant pas utilisable, sans modifications, dans deux cas:

1. Lorsque le sol renferme du carbonate de calcium. C'est pourquoi, parmi les sols faisant le objet du travail en commun, on a sécrété tous ceux qui donnent un dégagement de  $\text{CO}_2$ , même très léger, par les acides.

Les autres sols, (soit 82) ont été examinés par une méthode analogue mais compartant l'emploi d'un réactif à réaction alcaline (citrate d'ammoniaque  $\text{pH} = 8.3$ ).

Cette méthode fera l'objet d'une publication ultérieure.

2. Quand le pouvoir de fixation est faible. La concentration critique d'équilibre devient difficile à déterminer avec précision et les indications relatives au besoin de  $\text{CO}_2$  sont tirées plus secement de la quantité  $\text{P}_2\text{O}_5$  solubilisée par le réactif sans addition d'acide phosphorique. Ce point fera le objet d'une prochaine publication.

Burgevin ajoute que la collection des sols examinés ne renferme pour ainsi dire pas de sols avec une teneur élevée en carbonate de calcium. Il semble qu'il y ait ainsi une lacune dans notre travail et il serait utile d'étendre la comparaison des méthodes aux sols qui renferment du carbonate de calcium.

Dans cette étude, on a été amené se servir de réactifs différents et à calculer des caractéristique différentes suivant que la terre étudiée est calcaire ou ne l'est pas.

I.—Cas des terres non calcaire — Concentration critique d'équilibre.

A. — Méthode: La méthode employée est celle indiqués par Demolon et Barbier lors de leur définition de la concentration critique d'équilibre (48). L'on agite ensemble, pendant deux heures, 25 gr. de terre et 250 cc d'une solution d'acide acétique à 1 % contenant une quantité connue de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Après décantation, on filtre 200 cc de la liqueur surnageante et on dose sa teneur en acide phosphorique par la méthode de Lorentz-Scheffer.

Sur papier millimétré on trace la courbe des concentration finales obtenues en fonction des concentrations initiales.

La concentration critique d'équilibre est, par définition l'intersection de cette courbe avec la bissectrice de l'angle formé par les deux axes. Il suffit d'ailleurs de prendre deux points, non trop éloignés, la courbe étant sensiblement rectiligne dans la région voisine de la bissectrice.

### Salzsäure-Methode nach Kirssanoff:

Stewart: Bei der Salzsäuremethode nach Kirssanoff (49) treten große analytische Schwierigkeiten auf. Die organisch gebundene Phosphorsäure kann nicht kolorimetrisch bestimmt werden. Außerdem ist viel Eisen in der Flüssigkeit, was beim Kolorimetrieren stört. Die Methode ist nicht so einfach, wie es den Anschein erweckt.

### Salpetersäure-Methode nach Bondorff:

*Franck:* Bei Bondorffs (50, 51) Methode wird ein bestimmtes pH durch Salpetersäure angestrebt. Es werden zwei Ausschüttelungen mit Salpetersäure verschiedener Konzentration gemacht. Die Ergebnisse werden in ein Diagramm eingetragen. Man ermittelt dann durch Interpolieren die Menge an Salpetersäure, mit der man ein pH von 2,5 erreicht. Für dieses pH wird die gelöste Menge  $P_2O_5$  interpoliert. Mit dieser Menge an Salpetersäure arbeitet man dann. Auf kalkreichen Böden stößt man auf sehr große Schwierigkeiten.

*Niklas:* Die Methoden von *Sigmond* (25) und *Kirssanoff* zeigen keine gute Übereinstimmung.

*Roos:* Man sieht doch, daß für die chemischen Methoden der pH-Wert großen Einfluß hat, besonders bei kalkreichen Böden. Man sollte versuchen, das pH durch dauernde Kontrolle auf denselben Wert einzuregulieren.

*Mitscherlich:* Bei der Kohlensäuremethode (52), wie wir sie durchführen, arbeiten wir dauernd mit  $CO_2$ -gesättigtem Wasser.

*Dreyspring:* Verwendet man reine Zitronensäure als Lösungsmittel, so wird diese bei Einwirkung auf die Böden in wechselndem Maße in Ziträte übergeführt. Welche Restmengen an freier Zitronensäure übrigbleiben, entscheidet der jeweilige Basengehalt der Böden. Es erscheint deshalb vorteilhafter, gleich mit einem gut gepufferten Lösungssystem an den Boden heranzugehen und dieses nicht erst, wie im Falle der Zitronensäure, vom Boden selbst herausbilden zu lassen. Deshalb sind meines Erachtens geeignete Puffermischungen reinen Säuren als Lösungsmittel vorzuziehen.

*Niklas:* Man sollte die Böden vielleicht vorher mit Zitronensäure behandeln, um dann das pH möglichst konstant halten zu können.

*Bamberg:* Das End-pH soll also bei den Methoden ausschlaggebend sein. Man muß aber berücksichtigen, daß beim anfänglichen übermäßigen Zusatz von Zitronensäure zu Kalkböden diese auch bereits lösend auf die Phosphorsäure wirkt und nicht nur auf die Karbonate.

### Die physikalisch-chemischen Methoden von Herzner und Reifenberg:

*Beutelspacher:* Zum Amalgamverfahren von *Herzner* (25) wäre nur noch zu erwähnen (siehe Seite 28), daß die Phosphorsäure kolorimetrisch in der Anodenflüssigkeit bestimmt wurde.

Die kataphoretische Bestimmung nach *Reifenberg* (54), die dem Elektrodialyseverfahren sehr nahe steht, hat den Vorteil, daß nicht nur der maximal-disperse Zustand, sondern auch der unlösliche kolloid — vom grobdispersen Anteil des Bodens getrennt und bestimmt werden kann. 7 g Boden werden mit 100 ccm n/500 NaOH unter dem Rückflußkühler eine halbe Stunde gekocht, nach dem Abkühlen mit der Natronlauge auf 140 ccm ergänzt. Die 5%ige Suspension kommt in eine U-förmige Glasröhre, die Hähne werden geschlossen und die Schenkel mit n/500 NaOH gefüllt. Mittels NaCl-Agarröhre wird Verbindung mit den Elek-



troden geschaffen. Der Stromweg beträgt 100 cm. Die Hähne werden jetzt geöffnet und der Stromkreis geschlossen. Die Vorschrift erfordert eine Spannung von ca. 250 Volt. Die Wanderungsgeschwindigkeit und die Stromstärke werden zur Kontrolle verfolgt. Nach zwei Stunden wird der Stromkreis unterbrochen und in der Anodenflüssigkeit die Phosphorsäure bestimmt. Eine weitere Prüfung dieser Methode scheint notwendig. Gleichzeitig sei auf ein seinerzeit (Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk. A. 21. S. 140. 1931) unterlaufenes Versehen hingewiesen, um dessen Korrektur uns *Reifenberg* bat:

„Die Masse  $M$  des kataphoretisch wandernden Materials hängt ab: 1. Von der Konzentration der Kolloide in der zu untersuchenden Suspension (CB), 2. von der Wanderungszeit ( $t$ ) und 3. vom elektrokinetischen Potential, welches der Wanderungsgeschwindigkeit ( $v$ ) entspricht. Wir erhalten somit folgende mathematische Beziehung für die Kolloidmenge  $M$ , die aus einer unbekannten Suspension herauswandert:

$$M = \frac{1}{f} \cdot CB \cdot t \cdot v.$$

Wenn wir  $t$  (2 Stunden) und  $v$  (n/500 NaOH gab nach unseren Versuchen eine nahezu konstante Wanderungsgeschwindigkeit) konstant halten, bekommen wir:

$$M = \frac{1}{f} \cdot CB.$$

Da CB von der Kolloidmenge ( $K$ ) im Boden und der Verdünnung ( $x$ ) der Bodensuspension (wir verwandten 5% Suspensionen) abhängig ist, erhalten wir

$$CB = \frac{1}{x} \cdot K, \text{ also } K = f \cdot x \cdot M,$$

d. h. die Menge der wandernden Kolloide befindet sich in direkter Abhängigkeit von dem Kolloidgehalt des Bodens.“

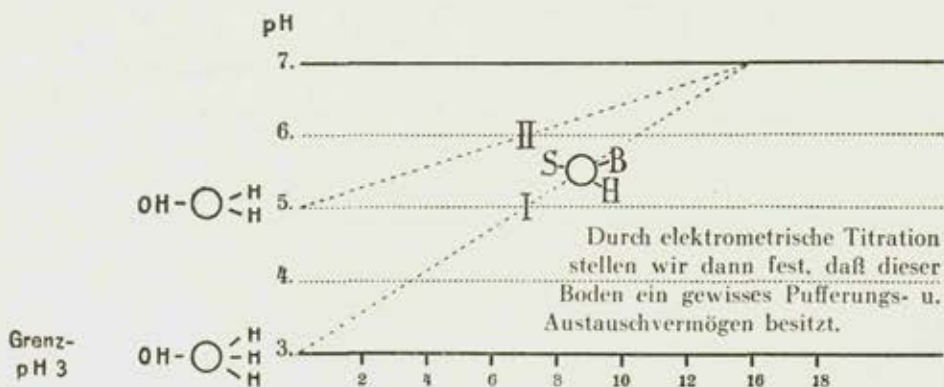
#### Elektrodialyse nach Mattson:

*Ekman*: Wenn *Mattson* und ich Ihnen unsere Elektrodialyse-Ergebnisse vorlegen und dabei auch die Mengen elektrodialysierter Phosphorsäure angegeben haben, möchte ich erstens betonen, daß wir gar nicht der Meinung sind, daß diese  $P_2O_5$ -Werte als irgendein Maß der den Pflanzen unmittelbar zur Verfügung stehenden Phosphorsäure betrachtet werden sollen. Wir sind nicht Pflanzenphysiologen, sondern haben das Problem nur kolloidchemisch angreifen wollen. Wir nehmen an, daß diejenigen Ionenmengen von Basen und Säuren, die bei der Elektrodialyse dem Boden entzogen werden, eine gewisse Auskunft über den Charakter und den Sättigungszustand des Bodens geben. Wie es von den Basen gilt, können wir vielleicht auch von der Phosphorsäure sagen, daß die elektrodialysierte Menge davon dem austauschfähigen oder dem an den Kolloiden gebundenen Teil entspricht, im Gegensatz zu der in dem Kolloidkomplex gebundenen Phosphorsäure. Jedenfalls besteht zwischen diesen beiden Arten eine ziemlich scharfe Grenze, die man eben mit Hilfe der Elektrodialyse ziehen kann. Wenn wir dagegen den Boden mit Säuren oder anderen Elektrolyten extrahieren, kann diese Grenze leichter überschritten werden, denn unter dem Einfluß der an den Boden herangezogenen Wasserstoffionen wird der Kolloidkomplex selbst

einem der Verwitterung ähnlichen Prozeß oder einem Zerfall unter fortgesetzter Nachlieferung von Phosphorsäure unterworfen werden. Bei der Elektrodialyse dagegen werden keine fremden H- oder OH-Ionen dem Boden beigelegt. Doch ändert sich gewöhnlich das pH infolge der verschiedenen Geschwindigkeit in der Abgabe von Metallkationen und von Säureanionen.

Für unsere nord- und mitteleuropäischen Böden, die fast immer mehr kombinierte Basen als Säuren halten, sinkt also der pH-Wert durch die Elektrodialyse, aber diese Versäuerung erreicht bei jedem Boden einen ganz bestimmten Wert, der von dem kolloidalen Charakter des Bodens selbst abhängig ist, und daher eine wichtige Eigenschaft zur Charakterisierung des Bodens ist.

Mattson nennt diesen Wert Grenz-pH oder ultimate pH (daher die Abkürzung pHu), wenn in den Bodenkolloiden die sauren Komponenten hauptsächlich Polykieselsäuren und Humussäuren an Aktivität überwiegen, wird das Grenz-pH niedrig sein. Dominieren dagegen die basischen Gruppen, finden wir einen höheren Grenz-pH-Wert. Wenn bei der Elektrodialyse dieses Grenz-pH erreicht ist, dann ist auch der Kolloidkomplex ziemlich geschützt gegen fortgesetzte Verwitterung oder Abbau, denn der Grenz-pH-Wert liegt immer in der Nähe des isoelektrischen Punktes, wo alle Kolloide ihre größte Stabilität besitzen. Wir können uns den Verlauf der Elektrodialyse durch ein einfaches Diagramm veranschaulichen. Wir nehmen zuerst das pH als Ordinate und Milliäquivalent Basen als Abszisse. Wenn wir durch die Elektrodialyse dem Boden Basen entziehen, werden diese durch H-Ionen ersetzt und das pH sinkt zu einem bestimmten Wert, sagen wir pH 3 (Boden I). Für einen anderen Boden finden wir vielleicht bei pH 7 dasselbe Eintausch-



vermögen, aber beispielsweise einen anderen Grenz-pH-Wert von 5, und das zeigt uns, daß der Charakter der beiden Böden ganz verschieden ist, was auch für die Praxis von größter Bedeutung ist. Den ersten Boden können wir gut bei pH 5 anbauen, weil er dort noch viele austauschfähige Basen gebunden halten kann; den anderen dagegen nicht, erstens, weil er sehr basenarm sein muß, und zweitens, weil er deswegen durch eine kleine Versäuerung Gefahr läuft, daß von dem Kolloidkomplex stammende Aluminiumionen in Lösung gelangen und Giftwirkungen hervorrufen.



Die Bedeutung des Austauschvermögens kennen wir alle, und mindestens genau so wichtig ist auch das Grenz-pH infolge seiner nahen Verwandtschaft zu dem isoelektrischen Punkt.

Der Sättigungsgrad, Nährstoffgehalt und das gewöhnliche pH sind ja auch wichtige Größen des Bodens, aber sind doch nur zufällige und sekundäre Eigenschaften im Gegensatz zu dem Austauschvermögen, vielleicht auch Festlegungsvermögen und dem isoelektrischen Punkte, die primäre und dauernde Eigenschaften sind. Betreffend der Phosphorsäure meinen wir also, wie schon gesagt, daß man dieselbe durch die Elektrodialyse in zwei ziemlich wohldefinierte, verschiedenartige Teile zerlegen kann: Die Kolloid-Phosphorsäure und die sorbierte Phosphorsäure. Aber wir sind uns natürlich dessen bewußt, daß diese letzte Art durchaus nicht dasselbe wie pflanzenlösliche Phosphorsäure ist, sondern zu einem gewissen Teil — in einigen Fällen vielleicht bis zu 100 % — so stark festgelegt ist, daß die Pflanze sie gar nicht mehr aufnehmen kann. Unsere Werte über die elektrodialysierten Phosphorsäuremengen können also erst dann von praktischer Bedeutung sein, wenn sie mit Angaben über das Festlegungsvermögen des Bodens zusammengestellt werden. Das Verfahren ist also kaum eine Schnellmethode, aber wenn *Mitscherlich* uns doch eingeladen hat, uns an der Gemeinschaftsarbeit zu beteiligen, haben wir es nicht ablehnen wollen, in der Hoffnung, daß unsere Elektrodialyse-Zahlen doch einigen Wert haben könnten für ein fortgesetztes Studium des Nährstoffverhältnisses des Bodens.

*Zucker:* Wird auch Salpetersäure bestimmt?

*Ekman:* Nein, nur Phosphorsäure in der Anodenflüssigkeit, in der Kathodenflüssigkeit die Gesamtbasen durch Titration.

*Alten:* Es würde mich interessieren, wie Sie die dialysierte Flüssigkeit abführen.

*Ekman:* Unser Verfahren ist ganz einfach. Wir verwenden ein Becherglas, in das zwei gewöhnliche Schläuche hineinragen, die mit Pergament oder Cellophan verschlossen sind. In ihnen befinden sich die Elektroden. Die Flüssigkeit in diesen Schläuchen wird von Zeit zu Zeit automatisch abgehebert. Der Boden selbst liegt in dem Becherglas.

*Alten:* Kommen sehr häufig Schwierigkeiten an der Kathode vor, insbesondere Membranverstopfungen?

*Ekman:* In gewissen Fällen kommt es vor, aber nicht häufig.

*Alten:* In ähnlicher Weise arbeitet *Köttgen*, Gießen, nur mit dem Unterschied, daß er nicht nur dialysiert, sondern daß durch Ultrafiltration die Ionen sofort weggeführt werden.

*Ekman:* Verstopfungen kommen aber nicht viel vor. Wir arbeiten unter Rühren. Eisen und Aluminium setzen sich an der Kathode ab, ebenso ein Teil der Kolloide. Wir wenden 50 g Boden an und 200 ccm Wasser. Dieses Verhältnis muß aber nicht unbedingt eingehalten werden. Man kann es beliebig variieren.

*Alten:* Wie verfolgen Sie den Abbau des zugesetzten Bodens? Schalten Sie Ampèremeter ein, oder analysieren Sie häufig die dialysierte Flüssigkeit?

*Ekman:* Wir verwenden ein Ampèremeter; dazu titrieren wir die Kathodenflüssigkeit in kurzen Intervallen.

#### 4. Sitzung: Mittwoch, den 15. Juli 1956, nachmittags.

##### Biologische Methoden.

##### Aspergillus-Methode nach Niklas.

*Niklas:* Die chemischen Methoden sind nach wie vor am Platze, wenn es sich darum handelt, das leicht aufnehmbare Nährstoffkapital in seiner Gesamtheit zu erfassen, deswegen sind sie für die Zwecke der Bodenkartierung und der Bodenschätzung wertvolle Hilfsmittel. Auch die Aspergillismethode (57, 58) arbeitet nach dem gleichen Grundsatz, nicht nur das allein aus dem Boden herauszuholen, was im Laufe einer Vegetationsperiode den Pflanzen zur Verfügung steht. Nach den gleichen Gesetzen holen diese auch im Gefäßversuch und bei der Keimpflanzenmethode durch die dabei gewählte Versuchsanordnung ein Mehrfaches dessen heraus, was den Pflanzen im Freiland möglich ist. Man sieht, daß sich hierin die chemischen Methoden und die auf pflanzenphysiologischer Grundlage begegnen. Daß Mikroorganismen, wie z. B. Azotobakter, mit dazu dienen, Böden auf gewisse Pflanzennährstoffe zu prüfen, ist nichts Neues und etwas durchaus Verständliches. Deren Mineralstoffernährung aus dem Boden erfolgt ja nach denselben naturgesetzlichen Voraussetzungen, wie dies bei den höheren Pflanzen der Fall ist.

Nicht übersehen werden darf aber, daß Azotobakter und gewisse Algen, mit denen neuerdings ebenfalls verschiedentlich gearbeitet wird, kein großes Aufschließungsvermögen für die Bodennährstoffe besitzen. Man kann daher dabei höchstens auf die unmittelbar löslichen Nährstoffe prüfen.

Daß bei der Aspergillismethode die Zitronensäure mitverwendet wird, geschieht in erster Linie, um die für den Pilz günstigsten Lebensbedingungen zu schaffen. Daß dabei ähnlich wie bei den chemischen Methoden, dem Gefäßversuch und der Keimpflanzenmethode ein Mehrfaches dessen aus dem Boden geholt wird, als dies bei der Nährstoffaufnahme der Kulturpflanzen im Laufe einer Vegetationsperiode geschieht, ist daher kein Nachteil der Methode. Die Zitronensäure erfüllt aber noch eine andere wichtige Aufgabe, die darin besteht, dem Pilz optimale Bedingungen zu geben und zugleich das Bakterienwachstum zu unterdrücken. Der Pilz sorgt auch dafür, daß die gelösten Stoffe durch ihn weggeführt und damit in Umlauf gebracht werden. Dieser wichtige Vorgang ist allen pflanzenphysiologischen Methoden eigen. Die Aspergillismethode selbst ist auf quantitativer Grundlage aufgebaut und wird nach den Grundsätzen des Mangelversuches durchgeführt.

Während die chemischen Methoden nur indirekte Schlüsse auf das Düngerbedürfnis der Böden zulassen, zeigt der in Verbindung mit



der Aspergillismethode durchgeführte Mikrobiologische Düngungsversuch, ob ein Boden auf Düngung anspricht oder nicht. Im letzteren Falle vermag er festzustellen, aus welchem Grund ein Boden mehr oder weniger düngerinaktiv ist.

Beim mikrobiologischen Düngerversuch wird nämlich, ähnlich wie es beim Düngungsversuch im Feld und in Gefäßen der Fall ist, nur die Düngung dem Pilze zugute kommen, die nicht vom Boden sorbiert wird. Der Myzelzuwachs bei den Mikrodüngungen ist daher der Menge der jeweils festgehaltenen Phosphorsäure indirekt proportional. Durch Vergleich mit den dazu gehörigen Blindversuchen, d. h. den Myzelgewichterten bei den Mikrodüngungen ohne Bodenzusatz kann die vom Boden sorbierte  $P_2O_5$  auch direkt ermittelt werden. Somit ist der mikrobiologische Düngungsversuch eine sehr wertvolle Ergänzung zur Aspergillismethode, die wie andere Methoden den Gehalt der Böden an pflanzenaufnehmbaren Nährstoffen bestimmt. Er soll dagegen das feststellen, was sonst nur der Vegetationsversuch auszusagen vermag.

*Keller:* In Diskussion des von *Niklas* Gesagten möchte ich zunächst seinen Einwand gegen den Azotobakter als Instrument zur Ermittlung der Bodenfruchtbarkeit, nämlich den, daß dieser zur Bestimmung der Kalibedürftigkeit versage, unterstreichen. Zur Phosphorbestimmung stehen uns zahlreiche mehr oder weniger brauchbare Methoden zur Verfügung. Gerade an Methoden zur Ermittlung der Kalibedürftigkeit fehlt es uns aber.

Was nun die Fähigkeit des Aspergillus anbelangt, gewissermaßen den Nährstoffvorrat des Bodens zu bestimmen, so ist dieses natürlich keine Folge irgend welcher besonderer physiologischer Veranlagung desselben, sondern einfach der Erfolg der mit entsprechend konzentrierter Zitronensäure angesetzten Nährlösung. Vermag uns die Aspergillismethode aber nichts über den augenblicklichen Nährstoffzustand auszusagen, was chemische Methoden sehr wohl außerdem vermögen, so entsteht, zumindest für Phosphor, die Frage: warum Aspergillus, warum den Umweg?

*Niklas* nimmt für die Aspergillismethode eine Verwandtschaft zur natürlichen Pflanzenkultur in Anspruch. Ich erachte die Aufstellung solcher Verwandtschaftsbeziehungen oder Parallelitäten für sehr gefährlich. Sie verleiten zu Irrtümern. Wohl erscheint physiologische Verwandtschaft zwischen beiden naheliegend, dennoch ist nicht von der Hand zu weisen, daß der Weg von der verdünnten Salzsäure zum Aspergillus bzw. ihrer Reaktionen auf den Boden noch immer viel näher ist als der von dem nur etliche Tage in einer Nährlösung mit nur wenig Bodenzusatz kultivierten Aspergillus zu den mehrere Monate in gewachsenen Boden ausreifenden Kulturpflanzen. Schließlich möchte ich die Schule *Mitscherlich* um Aufklärung darüber ersuchen, ob nicht die seinerzeit in Königsberg durchgeführte Arbeit von *J. Stock* (60) grundsätzliche Bedenken gegen jede Verwendung von Aspergillus ergab? Aspergillus reift über einen verhältnismäßig zu langen Zeitraum hin, so daß das Maximum der Reife nicht genügend deutlich festgestellt werden konnte.

*Alten:* Wenn wir uns die Vorgänge beim Mikrodüngungsversuch einmal klar machen, so müssen wir doch erst einmal feststellen, daß bei diesem Versuch, wie ihn *Sekera* (61) oder *Niklas* ausführen, nicht der *Aspergillus* den Aufschluß des Bodens durchführt, sondern daß die zugesetzte Zitronensäure im *Niklasschen* Versuch oder die zugesetzte Tannin-Menge im *Sekera*-Versuch die bodenaufschließenden Agenzien darstellen. Der *Aspergillus* macht weiter nichts, als daß er die durch Aufschlußmittel in Lösung gebrachten Nährstoffe aus der Lösung herausfiltriert und dann dementsprechend sein Wachstum einrichtet. Beim Düngungsversuch dagegen haben wir es nicht mit einem konstanten Aufschlußmittel zu tun, sondern hier kommt für den Bodenaufschluß nur die Menge an Kohlensäure in Frage, die die Wurzelausscheidungen liefern, abgesehen von der Menge an Kohlensäure, die sowieso noch durch Humuszersetzung vorhanden ist. Bei Armut an irgendeinem Nährstoff werden daher im Düngungsversuch die anderen Nährstoffe weniger ausgenutzt, weil sicher durch Produktion geringerer Mengen an Kohlensäure nur ein geringerer Aufschluß des Bodens durchgeführt werden kann. Beim Mikrodüngungsversuch ist die Menge an Wasserstoffionen so hoch, daß praktisch alle im Boden vorhandenen Nährstoffe, ob adsorptiv gebunden oder als Salze unbedingt in Lösung gebracht werden. Da andererseits der *Aspergillus* nicht assimiliert, wie dieses bei höheren Pflanzen der Fall ist, kann ich mir nicht recht vorstellen, wie man aus solch einem Mikrodüngungsversuch ohne weiteres weitgehende Rückschlüsse auf die Erträge der höheren Pflanzen ziehen will.

*Niklas:* Der Verbrauch an Saccharose läuft parallel mit der Phosphorsäureaufnahme bzw. dem Phosphorsäurevorrat im Boden. Wenn keine Phosphorsäure vorhanden ist, erfolgt auch kein Saccharoseverbrauch. Durch die neueste Arbeit eines Belgrader Professors scheint erwiesen, daß ein geradliniges Verhältnis zwischen Stickstoff- und Phosphorsäureaufnahme vorhanden ist. Gegenüber der Azotobaktermethode hat *Aspergillus*, abgesehen von vielen anderen, den Vorteil, daß auch die Kalibedürftigkeit ermittelt und mikrobiologische Düngungsversuche durchgeführt werden können. Wir konnten auch feststellen, daß der Pilz die Magnesiumbedürftigkeit der Böden gut anzeigt. Bei der Prüfung im Feldversuch ergab sich eine gute Übereinstimmung. Was nun die Zeitdauer anbelangt, so wird es natürlich schwierig sein, das Optimum ganz genau zu erfassen: jedenfalls muß man den Zeitfaktor konstant halten. Die wertvolle Ergänzung der *Aspergillus*-methode liegt in der Möglichkeit, den mikrobiologischen Düngungsversuch darauf aufzubauen.

*Mitscherlich:* Wir konnten feststellen, daß die Zeit der Konidienbildung bei verschiedenem Phosphorsäuregehalt des Bodens bzw. der Lösung verschieden ist. Dadurch ist auch eine zeitlich unterschiedliche Entwicklung bedingt.

*Keller:* Aus der Arbeit von *Stock* ist zu entnehmen, daß die eintretende Reife beim *Aspergillus* über lange Zeit hinreicht und demnach die Zeit der Ernte oft schlecht genau abzapassen ist. Für wissenschaftliche Arbeiten muß man den jeweiligen Zeitpunkt genau einhalten, um eine Übereinstimmung bei den Parallelen zu erzielen.



*Niklas:* Nach der Einführung des Impfpulvers macht die Ernte im richtigen Zeitpunkt keine Schwierigkeiten mehr, besonders für die praktischen Untersuchungen nicht. Bei wissenschaftlichen Versuchen muß man natürlich auf genaue Zeitgleichheit achten. Die Fehler der Parallelen sind außerordentlich gering und überschreiten die Fehlergrenze zu meist nicht.

*Giesecke:* Ich muß es als einen Fehler bezeichnen, daß man die Zitronensäurelösliche Phosphorsäure durch das Myzelgewicht ermittelt, während man heute so leicht kolorimetrieren kann. Es ist auch ein Nachteil der Aspergillusmethode, daß man gerade in den Fällen, die in der Mitte liegen, oft keine wirklichen Ergebnisse erzielt. Man sollte meines Erachtens die Zitronensäure weglassen.

*Niklas:* Was die Zitronensäuremethode anbelangt, so ist doch eine große Erfahrung darüber vorhanden. Sie gibt uns das an, was im Laufe der Zeit für die Pflanze aufnehmbar ist. Die Neubauer-Methode und die Aspergillus-Methode ergaben für Kali in vielen Fällen sehr gute Übereinstimmung. Daß die Zitronensäure ein Nachteil sein soll, kann ich nicht einsehen. Sie holt uns die Phosphorsäure aus dem Boden heraus und Aspergillus zeigt uns die pflanzenaufnehmbare Menge davon an. Trotz der Zitronensäure konnten wir im Mikrodüngungsversuch die Festlegung von Phosphorsäure einwandfrei nachweisen. Wir erzielten bei der Kalibestimmung auch mit Feldversuchen eine gute Übereinstimmung (Korrelationskoeffizient 0,9). Wir sind jetzt dabei, auch den Mikrodüngungsversuch noch weiter auszubauen. Im übrigen liegt ja das Wesen fast aller unserer Bodenuntersuchungsmethoden darin, durch stärkere Extraktion, als dies der Pflanze möglich ist, auf Jahre hinaus noch die Mengen der pflanzenaufnehmbaren Nährstoffe zu ermitteln.

*Giesecke:* Nach meiner Ansicht ist die Methode *Niklas* wissenschaftlich noch gar nicht fundiert.

*Niklas:* Als günstigste Stickstoff-Form hat sich bis jetzt schwefelsaures Ammonium erwiesen. Bei Untersuchungen über die Methode sollte man zunächst mit verschiedenen Phosphorsäuregaben arbeiten. Wir selbst haben auch schon Tastversuche angestellt, die dahin zielen, den abbaufähigen Humus mit Hilfe von Aspergillus zu ermitteln. Über die Aspergillus-Methode sind bereits zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten an unseren und anderen Instituten veröffentlicht worden.

*Giesecke:* Wir haben Versuche mit verschiedenen KCl- und  $K_2SO_4$ -Gaben durchgeführt. Dabei ergab es sich, daß die Entwicklung der Mikroorganismen von der Art der Anionen abhängig ist, auch bei verschiedenen Stickstoff-Formen zeigte sich eine unterschiedliche Entwicklung an.

*Niklas:* Daß die Wirkung von verschiedenen Stickstoff-Formen nicht dieselbe sein kann, ergibt sich schon daraus, daß Ammonium-Stickstoff viel stärker absorbiert wird als Nitratstickstoff. Es ist nicht richtig, die Methode nur von der chemischen Seite aus zu betrachten. Man muß auch die kolloidalen Wirkungen des Bodens berücksichtigen und seine festhaltende Kraft, die durch die verschiedenen Myzelgewichtsernten sehr eindrucksvoll nachgewiesen wird.

*deVries:* Auch bei dieser Methode ist das End-pH von Bedeutung. Ist schon ermittelt worden, ob dies bei verschiedenen Böden dasselbe ist? Wollen wir die verschiedenen Böden mit Verständnis vergleichen, so muß der ganze Chemismus der einzelnen Methoden genau untersucht werden.

*Giesecke:* Wir haben gerade eine große Gemeinschaftsarbeit, bei der vier Methoden an 1000 Böden mit den Feldversuchsergebnissen verglichen werden sollen.

*Mitscherlich:* Die unterschiedliche Wirkung verschiedener Anionen auf die Entwicklung des Aspergillus ist kein stichhaltiger Grund gegen diese Methode. Wir haben auch bei höheren Pflanzen solche Einwirkungen, z. B. bei  $\text{SO}_4$ - im Vergleich zu Cl-Ionen.

*Allen:* Es ist natürlich ein Unterschied, ob man Düngungsversuche anstellt oder eine Bodenuntersuchung.

*Schmitt:* Es ist doch bekannt, daß die verschiedenen Phosphorsäureformen in verschiedenen Böden nicht gleich wirksam sind. Hat *Niklas* seine Versuche auch schon dahin ausgedehnt, um der Praxis raten zu können, welche Düngerform angebracht ist?

*Niklas:* Bis jetzt haben wir noch nicht mit verschiedenen Düngemitteln an sich gearbeitet. Es kann dies aber später noch nachgeholt werden. Bis jetzt ist die Sache noch nicht daraufhin ausgebaut. Vorläufig arbeiten wir noch mit primärem Ammoniumphosphat als der am besten bewährten Stickstoffquelle.

*Keller:* Auch in Gefäßversuchen konnten wir feststellen, daß die Kaliwirkung je nach der Art des Anions eine verschiedene ist. Der Einwand von *Giesecke* gilt ebensogut für höhere Pflanzen wie für Mikroorganismen.

#### Azotobaktermethode nach Keller.

*Keller:* Ich habe die hier zu besprechende Arbeitsweise mit Azotobakter, die Plattenmethode nach *Winogradski* von Dr. *Sackett* in Colorado kennengelernt, der sie dort mit viel Erfolg zur Kennzeichnung der Phosphorsäurebedürftigkeit der Rübenschlüge nutzte. Zunächst ging ich daran, nach der damals — 1951 — üblichen Weise, die Plattenmethode nach einer sogenannten Standardmethode, als welche damals der Keimpflanzenversuch nach *Neubauer* im Schwange war, zu prüfen. Ich konnte wohl eine recht gute Korrelation feststellen, es ergab sich dabei jedoch als viel wichtigeres Ergebnis aus diesem Vergleich der Methoden die Erkenntnis von der relativen Beziehung zwischen allen Modell-, allen Laboratoriums- oder Schnellmethoden. Es erscheint mir nicht mehr wertvoll, für die Plattenmethode eine möglichst weitgehende Übereinstimmung für alle Böden zu erreichen, hingegen wertvoll zu erfahren, für welche Böden und besonders unter welchen Umständen die Plattenmethode gültige Werte zu erbringen vermag. Damit aber bin ich zum Kernproblem unserer jetzigen Tagung gekommen: Erkenntnis der Beziehung der einzelnen Modellmethoden für die verschiedenen Böden, oder anders ausgedrückt: Wann vermag uns Azotobakter oder Asper-



gillus oder das Keimpflänzchen oder die verdünnte Säure oder der elektrische Strom über die Phosphorversorgung unseres Bodens in physiologisch befriedigender Weise aufzuklären? Bei Betrachtung der von unserer Gemeinschaftsarbeit erzielten Ergebnisse muß man wohl zu dem Schlusse kommen, daß es keine allseits befriedigende Methode gibt. Um mir ein Verständnis der Zuordnung der einzelnen Methoden zueinander und zu den verschiedenen, besonderen Eigenschaften der Böden wie pH, Kalkgehalt und den anderen Bodeneigenschaften zu verschaffen, habe ich nach einer Rangordnung, wie sie *Mitscherlich* angibt, die verschiedenen Daten durch Farben zum Ausdruck gebracht. Es läßt sich wohl daraus eine gewisse Kongruenz verwandter Methoden übersichtlich ablesen und lassen sich hierbei die weißen Farben unter den Methoden besonders leicht ausfindig machen. Trotzdem erscheint es doch schwer, sich ohne weiteres in dem Gewirr von Tatsachen zurecht zu finden.

Eben dieses Gewirr ist mir aber eine Bestätigung dafür, wie verwickelt die Verhältnisse tatsächlich sind, daß wir mit den uns bis heute zur Verfügung stehenden Methoden auf den verschiedensten Böden das verschiedenste untersuchen und nur ganz langsam durch Untersuchung jedes einzelnen Falles Schritt für Schritt zu absoluter Erkenntnis, wie sie etwa *Vageler* und *Alten* in dankenswerter Pionierarbeit leisten, vorwärts kommen. Zwischen zwei Polen stehen wir heute mit unserer Untersuchungstechnik: Absolute Erfassung des Problems, wie sie etwa *Vageler-Alten* wollen auf der einen Seite, Kopie der Natur zur Auswertung der physiologischen Gesetze zwecks Ermittlung der Versorgung mit Nährstoffen, wie sie *Mitscherlich* durchführt auf der anderen Seite. Zwischen diesen beiden — absolut messenden — Polen bewegen sich die vielen Modellmethoden, alle die Laboratoriumsuntersuchungen und Schnellmethoden, die mit allen möglichen Agenzien sozusagen Projektionen der Böden zu entwerfen versuchen, Relativwerte erstellen. Wo diese Methoden sich Beschränkung auferlegen und für ganz bestimmte Verhältnisse nur zu Aussagen sich herbeilassen, wie solches etwa *de Vries* übt, dort können sie durch keine andere Methode überboten werden. Wo sie jedoch auf die größere Wahrscheinlichkeit pochend Allgemeingültigkeit oder fast solche beanspruchen, dort scheint mir die Sache gefährlich zu werden. Da seinerzeit von einer Zusammenarbeit, wie sie hier durchgeführt wird, noch nicht die Rede war und somit nahe Aufklärung über die Bedingungen für die Brauchbarkeit der einen oder anderen Methode nicht zu erwarten war, habe ich einen für die Praxis verwendbaren Weg zu gehen versucht: Die Kombinationstechnik, wie ich sie nenne, bei der ich einfach die von mir gewählte Schnellmodellmethode mit den praktischen Verhältnissen vergleiche; sie mit dem Feld- oder Gefäßversuche zu Beginn der Untersuchungen einmal gleichzeitig durchführe, um dann bei Brauchbarkeit der betreffenden Schnellmethode in Zukunft und bei der Detailuntersuchung auf dem ganz bestimmten Boden unter den ganz bestimmten Verhältnissen nur noch diese zu verwenden.

In Anbetracht der oben besprochenen Beschränkung, die ich mir bei der Auswertung aller Modellmethoden auferlegen zu müssen glaube, erscheint mir die vielleicht zunächst nicht sehr hervorragende Korrelation

zwischen der Plattenmethode und dem Gefäßversuch bzw. den anderen Methoden durchaus nicht störend. Gewiß mögen andere Methoden bessere Korrelation zeigen, diese bessere Korrelation bedeutet aber erstens noch lange nicht, daß diese Methoden also nun die Zauberformel für alle Böden uns in die Hand geben, bedeutet nur, daß ein größerer Kreis von Böden mit dieser Methode richtig bewertet wurde, was mir aber dann nichts hilft, wenn die Böden, die ich vor allem zu untersuchen habe, in diesem Kreise nicht vertreten sind bzw. von dieser Methode nicht richtig bewertet werden. Und ich bin mit meiner Schnellmethode, trotz ihrer schlechten Korrelation zu den anderen Methoden dann vollkommen einverstanden, wenn sie auf den von mir zu untersuchenden Böden, meinerwegen nur auf diesen, ganze Arbeit leistet.

In diesem Sinne also möchte ich die Plattenmethode als eine rasche, billige, einfache Methode empfehlen, z. B. sehr gut geeignet für kalkarme, humusreiche, saure, aus kristallinen Schiefern entstandene Hochgebirgsböden unserer Zentralalpen, die den Phosphorsäuregehalt genau so anzeigt, wie ihn in der Praxis auch die Pflanze anzeigt, d. h. mit ebenso besserem oder ebenso schlechterem Wachstum.

*Niklas:* Bei Extremen arbeitet die Azotobaktermethode recht gut, in den Mittelfällen aber nicht. Sie gibt da zu geringe Unterschiede. Was nun das Versagen der Methode auf manchen Böden anbelangt, so müßte man zunächst einmal untersuchen, ob in den betreffenden Böden Azotobakter von Natur aus vorkommt. Wenn er nicht da ist, hat bekanntlich auch Impfen damit keinen Zweck.

*Sauerlandt:* Es ist bekannt, daß Azotobakter auf manchen Böden nicht gedeiht. So läßt sich auf Podsolböden die Methode *Winogradski* nicht anwenden, auf Schwarzerde geht sie ohne weiteres, da auf letzterer Azotobakter gedeiht.

*Keller:* Die Methode kann nur da mit Erfolg angewandt werden, wo Azotobakter an sich im Boden beheimatet ist.

*Mitscherlich:* Geht nicht somit aus allem hervor, daß jede Methode nur für einen bestimmten Bodentyp gültig ist?

*v. Boguslawski:* Muß der Boden zur Azotobaktermethode feucht zur Anwendung kommen, oder darf er lufttrocken sein?

Frau *Ziemecka-Pulawy* forderte zur Untersuchung naturfrische Böden an. Trotz unserer entsprechenden Bemühungen bezeichnete sie eine Reihe von Böden noch als zu trocken für die Prüfung mit Azotobakter.

*Keller:* Azotobakter wird wohl auch auf lufttrockenem Boden angewandt werden können.

#### Azotobaktermethode nach Stöckli.

*Stöckli:* Auch wir arbeiten mit Azotobakter (65, 64). Der Boden wird bei unserer Methode nicht mit viel Wasser versetzt. Es wird nur soweit angefeuchtet, daß eine knetbare Masse entsteht. Es darf nach dem Einsetzen in die Gefäße keine Flüssigkeitsschicht über dem Boden stehen. Was nun das natürliche Vorkommen von Azotobakter im Boden anbelangt, so haben wir ihn in nur wenigen Fällen gefunden, aber er ist im



Versuch trotzdem gedeihen. Was die Düngergaben anbelangt, so geben wir eine hohe und eine niedrige. Wir haben Superphosphat und Thomasmehl angewandt, wobei Superphosphat sich als geeigneter erwies. Der Boden reagiert nicht nur dem pH entsprechend auf Thomasmehl, sondern es machen sich auch andere Einflüsse geltend. Superphosphat kommt in seiner Wirkung dem Natriumphosphat fast gleich.

Wir konnten feststellen, daß Jauchedüngung für die Azotobakter-entwicklung ungünstig ist. Auch andere schädigende Einflüsse treten auf, so daß Azotobakter sich ungenügend entwickelt, obgleich nach *Dirks-Scheffer* genügend Phosphorsäure gefunden wurde.

*Keller:* Es hat sich gezeigt, daß mitunter Tonzusatz erforderlich ist, damit Azotobakter sich entwickeln kann.

*Niklas:* Mir scheint es, daß das Arbeiten mit Nährlösungen viel einfacher ist.

*Keller:* Es ist natürlich ein großer Mangel, daß Azotobakter über das Kali nichts aussagt. Die Kalifrage ist die dringendste.

#### Neubauer-Methode:

*Mitscherlich:* In meinen Augen ist es mehr eine chemische Methode, keine pflanzenphysiologische. Es tritt keine Erschöpfung des Bodens ein. Die Pflanze holt immer wieder neue Nährstoffe heraus, wenn man die Keimpflänzchen wiederholt auf den gleichen Boden einwirken läßt. Was nun die Grenzzahlen anbelangt, so kann man sie nicht für alle Böden gleich ansetzen. Auch der Fehler der Phosphorsäurebestimmung mit  $\pm 0,5$  mg erscheint mir reichlich hoch, wenn man berücksichtigt, daß 1 mg umgerechnet 50 Kilo  $P_2O_5$  je ha bedeuten. Ich sehe darin eine erhebliche Unsicherheit. Die Grenzwerte selbst schwanken zwischen 11 für schwere und 4 für leichte Böden.

*Zucker:* Auch bei uns in Ungarn liegen die Phosphorgrenzwerte zwischen 6 und 9. Wir führen auch gleichzeitig neben der Nährstoffbestimmung eine Bestimmung der Bodenzusammensetzung durch, in dem wir dem Boden Wasser zusetzen, bis ein Brei entsteht. Nach dem Wasserverbrauch ergeben sich folgende Zahlen:

- 30 = Sand
- 35 = leichter Lehm
- 40 = schwerer Lehm
- 50 = leichter Ton
- >50 = schwerer Ton.

Die Methode ist gut durchführbar. Eine Schwankung von 1—2% spielt praktisch keine Rolle. Nach diesen Zahlen setzen wir die Grenzwerte für die *Neubauer*-Methode fest.

*Keller:* Die Streuung der Werte, die man auf ganz enger Fläche erhält, ist doch so groß, daß es unmöglich ist, so genaue Grenzwerte für  $P_2O_5$  und  $K_2O$  anzugeben.

*Schmitt:* Die Grenzzahlen nach *Neubauer* sind nicht anwendbar. Wir können nur sagen, ein Boden ist arm, reich oder mäßig mit Nährstoffen versehen. Dann muß man noch Bodenart und Ertrag berücksichtigen.

*Alten:* Ich betrachte die *Neubauer*-Methode als eine chemische Methode. Sie hat allerdings den Vorteil, daß die gelösten Nährstoffe durch die Wurzeln dauernd wegfiltriert werden und daß dadurch das Gleichgewicht stets gestört wird. Der Streit um Grenzzahlen ist unnötig. Man kann nur für ganz bestimmte engbegrenzte Gebiete und Böden etwas mit dieser Methode aussagen.

*de Vries:* Auch bei der Keimpflanzenmethode ist der Endzustand zu berücksichtigen. Sind schon Unterschiede im Endzustand festgestellt? Treten Verschiedenheiten bei einzelnen Böden auf? Ist auch schon der Zusammenhang zwischen Zitronensäure- und *Neubauer*-Methode studiert worden? Ich kann die *Neubauer*-Methode nicht nur als chemische bezeichnen. Es ist auch ein physiologischer Einschlag dabei.

*Alten:* Ich glaube, man müßte sich zunächst über den Begriff Physiologie klar werden, bevor man sich in den Streit einläßt, ob es sich bei der *Neubauer*-Methode um eine physiologische oder chemische Methode handelt. Ich vertrete den Standpunkt, daß sich die Physiologie mit dem Gewordenen und dem Gewachsenen in der Pflanze zu befassen hat, und daß es weiter ihre Aufgabe ist, festzustellen, welche Einflüsse die einzelnen von außen an die Pflanze herangetragenen Faktoren auf das Wachstum, auf die Bildung der verschiedensten organischen Substanzen und auf den anatomischen Aufbau haben. Bei der *Neubauer*-Methode haben wir es nur mit dem Aufschluß von Nährstoffen zu tun. Sie gibt keinerlei Auskunft darüber, was die Nährstoffe in der Pflanze für Effekte hervorgerufen haben.

*de Vries:* Die Keimpflanzenmethode hat meines Erachtens auch physiologische Faktoren. Die lebende Pflanze kann sich den Verhältnissen bis zu gewissem Grade anpassen, und so könnte die Roggenpflanze und ebenso *Aspergillus* eine bestimmte Richtung in die Resultate legen.

*Niklas:* Die *Neubauer*-Methode betrachte ich als eine physiologische Methode, ebenso wie die *Aspergillus*-Methode, da sie selbsttätig die Nährlösung beeinflusst. Ich möchte vorschlagen, sie als chemisch-physiologische Methode zu bezeichnen.

*Alten:* Bei der *Neubauer*-Untersuchung erfolgt die Lösung der Bodennährstoffe durch Kohlensäure, die durch den Abbau von organischer Substanz durch die Wurzeln ausgeschieden wird. Betrachten wir also lediglich den lösenden Vorgang der Kohlensäure, so ist der Lösungsvorgang ein rein chemischer. Die Aufnahme der in Lösung gebrachten Nährstoffe erfolgt zwar durch die Wurzeln. Es ist dieses aber nichts anderes als ein Filtrationsvorgang, denn sonst müßte *Neubauer* doch unbedingt den Effekt, den die aufgenommenen Nährstoffe in der Pflanze hervorrufen, mit in den Kreis seiner Beobachtungen einbeziehen.

*Jacob:* Ich möchte die *Neubauer*-Methode eher als physiologische Methode ansprechen, da der Lösungsprozeß physiologisch-chemischer Natur ist.

*Mitscherlich:* Man muß berücksichtigen, daß die Tätigkeit der Keimpflanzen doch etwas anderes ist, als die schon älterer Pflanzen. Die Keimpflanzen bauen keine Substanz auf. Sie nehmen lediglich die Nähr-



stoffe aus dem Boden. Die weitere Art der Nährstoffbestimmung ist rein chemisch.

*Allen:* Bei der *Neubauer*-Untersuchung wird auf die Bildung der organischen Substanz keinerlei Rücksicht genommen, und nach meinem Dafürhalten hat dieses *Neubauer* auch von vornherein richtig erkannt, denn schon in seinen ersten Veröffentlichungen gibt er an, daß das Licht, das doch in erster Linie mit ausschlaggebend für die Bildung organischer Substanz ist, keinen Einfluß auf das Ergebnis der *Neubauer*-Untersuchung haben soll. Er schaltet doch hierdurch ganz bewußt bei der Beurteilung die Assimilation aus und gibt damit zu, daß der Stoffaufbau bei seiner Untersuchung nicht zur Diskussion steht.

*Niklas:* Wir haben zwar bei unseren Kartierungen die Keimpflanzenmethode stets verwendet. Bei Phosphorsäure aber wird durch sie nicht in dem Maße, wie dies bei Kali der Fall ist, das im Lauf der Jahre zur Wirkung gelangende mobile Nährstoffkapital angezeigt.

*Keller:* Man muß bei der Auswahl der Untersuchungsmethoden auch die entstehenden Kosten berücksichtigen.

*de Vries:* Es wurde behauptet, daß ganz allgemein nach der Keimpflanzenmethode gearbeitet wird. Dies mag für Deutschland zutreffen, verallgemeinern darf man das sicher nicht. In Holland, Dänemark, England und Niederländisch-Indien wird die Keimpflanzenmethode z. B. nicht angewandt. Es wäre interessant festzustellen, wo die Methode tatsächlich in großem Maßstab benützt wird, und ich schlage vor, eine Nachfrage darüber zu organisieren.

*Keller:* Es ist mir auch sehr interessant zu erfahren, welche Methode an den Versuchsstationen am verbreitetsten ist?

*Mitscherlich:* Für die Verbreitung einer Methode ist nicht nur ihre wissenschaftliche Bedeutung, sondern vielleicht noch mehr die Billigkeit der damit ausgeführten Untersuchung und die für sie gemachte Reklame maßgebend.

*Giesecke:* In Deutschland erfolgt die Bodenuntersuchung offiziell in den Instituten des Reichsnährstandes gegenwärtig nur noch nach *Neubauer*. Es geschieht dies nicht etwa wegen der absoluten Sicherheit der Methode, sondern um eine einheitliche Beratung zu ermöglichen. In etwa 75 % der Fälle bewährt sich die *Neubauer*-Methode. Wir wollen dann weiter untersuchen, ob eine andere Methode für unsere Verhältnisse vorzuziehen ist.

*Keller:* Auch in Österreich ist die *Neubauer*-Methode die am häufigsten benutzte. Ich möchte nun aber fragen, was mit den restlichen 25 % der Böden geschieht, bei denen die *Neubauer*-Methode falsche Resultate ergibt?

*Schmitt:* Wir haben festgestellt, daß die *Neubauer*-Methode in 80 % der Fälle richtige Resultate ergab. Es gibt natürlich Fälle, in denen sie versagt, z. B. ist sie zur Untersuchung von Moorböden nicht anwendbar.

*Keller:* Es scheint also so zu sein, daß die *Neubauer*-Methode in der Überzahl der Fälle anwendbar ist, daß aber da, wo sie versagt, andere für die betreffende Bodenart geeignetere Methoden angewandt werden müssen.

### 5. Sitzung: Freitag, den 17. Juli 1956.

#### Gefäßversuch nach Mitscherlich und Feldversuch:

*Mitscherlich:* Bei diesen Methoden beschäftigen wir uns keineswegs mit der Aufnahmefähigkeit der Bodennährstoffe, sondern direkt mit der Höhe der Erträge. Man nahm früher an, daß, wenn der Feldversuch durch eine bestimmte Düngung pro Flächeneinheit 1 dz/ha Mehrertrag erbrachte, im nächsten Jahre mit dem gleichen Ertragszuwachs zu rechnen sei. Heute weiß man nun, daß der Mehrertrag nicht nur von der Düngung abhängt, sondern von allen Wachstumsfaktoren, vornehmlich also auch von den Witterungsverhältnissen. Ich halte es für einen großen Fortschritt, wenn wir heute nicht mehr sagen, daß wir durch eine bestimmte Düngung einen bestimmten absoluten Mehrertrag erzielen werden; denn wir wissen, daß dieser „absolute“ Mehrertrag, welchen wir durch eine Düngung zu erzielen hoffen, nicht konstant ist. Was können wir aussagen? Wenn wir unsere Resultate von einem Jahr auf das andere übertragen, so ist die Ertragssteigerung für die nächste Ernte auf Grund der bestimmten Düngung nicht in ihrer absoluten Höhe voraussagbar, sondern man kann nur die relative Ertragssteigerung voraussagen. Mit anderen Worten: Wenn ich in einem klimatisch günstigen Jahre durch eine bestimmte Düngung einen Ertragszuwachs erziele, so kann ich nur sagen, daß im folgenden Jahre unter vielleicht klimatisch ungünstigen Verhältnissen durch die gleiche Düngung derselbe relative Ertragszuwachs, also die gleiche Ertragssteigerung in Prozenten des Ertrages der ungedüngten Fläche erreicht wird.

Die Rückschlüsse, die wir aus den Ergebnissen des Gefäßversuches ziehen, basieren auf der gleichen Voraussetzung; nämlich auf der einer Konstanz des Wirkungsfaktors. Die relative Ertragssteigerung bleibt dann immer die gleiche, ganz egal, wie hoch sich die Erträge selbst stellen. Gefäß- und Feldversuch geben aber nur dann Auskunft über den Nährstoffgehalt eines Bodens, wenn man durch die Düngung eine Ertragssteigerung erzielt. Ist das nicht der Fall, so kann man z. B. bei Feldversuchen, nicht aussagen, ob der betreffende Boden im nächsten Jahre bereits gedüngt werden muß; denn der Nährstoffgehalt des Bodens kann ja nur gerade für das Versuchsjahr noch zu Höchsterträgen ausgereicht haben.

*Allen:* Gerade die letzten Ausführungen von *Mitscherlich*, betreffend den Gefäß- und Feldversuch, kann sicher der größte Teil von uns unterschreiben. Unsere Erfahrungen in Lichterfelde liegen tatsächlich in derselben Richtung. Ein Feldversuch, der ergeben hat, daß durch die Zufuhr irgendeines Nährstoffes kein Mehrertrag erzielt werden konnte, besagt keineswegs, ob nicht schon im nächsten Jahre erheblicher Nährstoffmangel vorherrscht. Über den Nährstoffzustand eines Bodens sagt ein



Feldversuch so gut wie gar nichts aus. Der Gefäßversuch hingegen gibt uns eine ausgezeichnete Auskunft, weil er unter optimalen Bedingungen arbeitet. Werden beim Gefäßversuch Mehrerträge im Differenzdüngungsversuch erzielt, ist sicher die Gewähr vorhanden, daß in kürzester Zeit auf diesem Boden Nährstoffmangel eintritt. In der Frage der Konstanz der Wirkungsfaktoren kann ich mit *Mitscherlich* nicht ganz konform gehen. Ich bin mir völlig darüber im klaren, daß in dem Teil der Kurve, wo *Mitscherlich* bei seinen Bodenuntersuchungen arbeitet, immerhin eine gewisse Annäherung für die Konstanz der Wirkungsfaktoren gegeben ist. Wir müssen uns aber davon freimachen, hier allzu quantitativ denken zu wollen. Es ist aber sicher nicht möglich, die hier zufällig auftretende Konstanz der Wirkungsfaktoren als allgemein gültig anzunehmen. Bei physiologischen Vorgängen haben wir es immer mit einer verhältnismäßig schwer zu überschenden Komplexwirkung zu tun. Wenn sehr geringe Mengen Phosphorsäure oder Stickstoff im Sandversuch angewandt werden, so ergeben sich z. B. für Kali ganz andere Wirkungsfaktoren. Vom Boden aus gesehen, liegen die Verhältnisse natürlich ganz anders. Hier haben wir immer gewisse Mengen an Nährstoffen schon zur Verfügung. Durch Zusatzdüngung kommen wir daher bei Bodenuntersuchungen fast immer in den Bereich des oberen Kurventeiles, und wir haben dadurch die Gewähr, eine gewisse Konstanz der Wirkungsfaktoren zu erhalten. Der Wert der *Mitscherlichschen* Untersuchungen besteht ja nicht darin, wie *Mitscherlich* hier selbst ausgeführt hat, daß die rein physiologischen Vorgänge beleuchtet werden, sondern *Mitscherlich* will sein Gesetz vor allem für die Bodenuntersuchung angewandt wissen.

*Mitscherlich*: Ich kann den Worten von *Alten* nur zustimmen. Wenn wir andere Nährstoffe in das Optimum setzen und geringe Kalimengen geben, so sind bei Versuchen in reinem Sande die Abweichungen um so größer, je mehr von den anderen Nährstoffen zur Verfügung steht. Die Versuche, die wir in reinem Sand durchführen, dienen rein wissenschaftlichen Zwecken. Für die praktische Bodenuntersuchung ist immer ein gewisses Minimum an Nährstoffen bereits im ungedüngten Boden vorhanden; ebenso werden schädigende größere Mengen eines zweiten Nährstoffes sorbiert, so daß die beanstandeten Unstimmigkeiten dabei kaum in Betracht kommen, wir also mit einer Konstanz des Wirkungsfaktors arbeiten können (69).

*Alten*: Es ist außerordentlich erfreulich, daß durch diese Aussprache endlich einmal dargelegt worden ist, wie weit *Mitscherlich* die Anwendung seines Gesetzes anerkannt haben will. Ich freue mich, daß wir in einer demnächst erscheinenden Veröffentlichung das hier Festgestellte berücksichtigen können.

In unserer Veröffentlichung werden wir uns nur mit den rein theoretischen Betrachtungen beschäftigen.

*de Vries*: Sie wissen alle schon, daß wir das Problem von einer anderen Seite her zu klären versuchen, wie *Mitscherlich*, und zwar sind wir dazu gekommen schon seit einem Vierteljahrhundert, weil es uns von vornherein unwahrscheinlich war und ist, daß die pflanzenphysiologischen Vorgänge in den komplizierten landwirtschaftlichen Umständen

sich in ein so einfaches Gesetz fassen lassen, wie das von den Wachstumsfaktoren. Wir nehmen das vorderhand nicht an. Es mag für bestimmte Fälle zutreffen, wir wollen uns aber vorläufig nicht daran binden. Wenn später genügend Tatsachen zum Beweis vorhanden sind, werden wir uns freuen. Wir freuen uns, daß *Mitscherlich* die Sache von seiner Seite aus studiert, nur müßten wir uns dagegen wehren, wenn man das ganze Problem nur von einer Seite aus studieren wollte. Dafür ist es zu kompliziert und polydimensional. Wenn man es nur von einer Seite betrachtet, darf man nie behaupten wollen, daß man das ganze übersieht. Wir sehen das nun so, wie ich in Berlin schon auseinandergesetzt habe (70, 71 und 72). Der Gefäßversuch gibt nur einen speziellen Aspekt des ganzen Problems. Nach Vielheit der Faktoren, die bei der Untersuchung berücksichtigt werden, läßt sich meines Erachtens folgende Reihe aufstellen.

Reihe nach Faktorenvielheit:

1. Chemische Methoden. —  
Hierbei ist meistens eine Säureextraktion im Spiele.
2. Physiologische Methoden. —  
Hierzu rechnen *Aspergillus*, *Azotobakter* und *Neubauer*. Wir sind uns noch nicht darüber im klaren, ob wir es hier mit rein chemischen oder mit physiologischen Eingriffen zu tun haben, ob in diesen Methoden noch andere Momente im Spiele sind als bei einer chemischen Analyse; ob neue Faktoren hinzukommen, ob die lebende Pflanze ihren Angriff auf eigene Weise reguliert. Wenn bei den physiologischen Methoden etwas mehr herauskommt, das mehr Licht wirft auf die Umstände im Felde, so kann dies von Nutzen sein. Wenn nicht, dann kann man mit der Säureextraktion ebenso gut auskommen.
3. Ausgebildete Pflanzen. —
  - a) Wasserkulturen mit fließender Lösung:  
hier sind die Umstände am einfachsten, nämlich konstante Zusammensetzung des Nährmilieus.
  - b) Stehende Wasserkulturen:  
hier können örtliche oder zeitliche Konzentrationsunterschiede entstehen, es kommt also eine Komplikation (Faktoren) hinzu, die auch im Felde mitspielt.
  - c) Quarzsandkultur + Lösung:  
Konzentrationsunterschiede örtlich mehr festgelegt, Reaktionsgefälle um die Wurzeln.
  - d) Quarzsand mit Zusätzen:  
 Humus  
 Zeolithe  
 Boden  
 diese Zusätze haben immer mehr örtliche Reaktion zur Folge; Puffersubstanzen.
  - e) Boden im Gefäß,  
 aber im Boden eingegraben,



f) Fachversuch:

Kästen, Zylinder und dergl., wobei Aufsteigen des Bodenwassers mit ins Spiel kommt.

g) Feldversuch.

4. Ökonomische, wirtschaftspolitische Faktoren u. dergl., die wir hier ganz beiseite lassen.

Obiges gibt nur eine flüchtige Skizze, um anzudeuten, was ich meine.

Gegenüber der *Neubauer*-Methode z. B. ist es ein großer Unterschied, wenn im Gefäßversuch die Pflanze weiter wächst, blüht und Frucht bringt. Dann haben wir die ganzen Pflanzen, die allerdings unter verschiedenen Verhältnissen wachsen. Bei der fließenden Wasserkultur hat die Pflanze immer denselben Nährstoffzustand; alles ist zugänglich, die Lösung fließt stets gleichmäßig zu und ab. Die Wasserkultur mit stehender Lösung bringt schon neue Faktoren mit sich, weil sich Unterschiede in der Flüssigkeit bilden können. Es entstehen Änderungen in der Nährflüssigkeit, die sich stärker auswirken, je nach der Häufigkeit der Auswechselung der Nährlösung. Hinzu kommen Reaktionsänderungen durch die Wurzelbildung.

Bei der Quarzsandkultur kommen schon wieder neue Momente hinzu. Es kann eine gewisse Lokalisierung eintreten. Vielleicht bildet sich ein stärkeres Reaktionsgefälle aus. Durch die Mischung des Quarzsandes mit Humus, mit Zeolithen oder Boden kommen wieder neue Momente hinzu, die die Verhältnisse komplizieren. Es treten stärkere Lokalisierungs-, Festlegungs- und Pufferungserscheinungen auf. Die Sache wird also immer komplizierter. Schließlich reiner Boden im Gefäß, wobei aber die Gefäße in den Boden eingegraben sind mit einer Unterlage von Sand. Wenn man dann weitergeht, kommt man schließlich zum Fach- und Feldversuch. Auch ökonomische und wirtschaftspolitische Umstände kommen hinzu, die bei der Beratung oft noch viel wichtiger sind als die vorher genannten, die wir aber hier außer Betracht lassen können. Wir haben es also mit einer steigenden Vielheit von Faktoren zu tun. Im allgemeinen wissen wir noch sehr wenig davon, welchen Einfluß diese Faktoren einzeln und zusammen haben, wir müssen dies systematisch für die einzelnen Faktoren studieren und genau untersuchen, was die Faktoren im einzelnen und was sie in verschiedenen Kombinationen für Wirkungen zeigen. Was ist der Unterschied zwischen der Arbeitsweise von *Mitscherlich* und uns? Er sagt, alles zusammen in Betracht zu nehmen, wie beim Feldversuch, ist mir zu kompliziert. Ich kann es doch nicht alles umfassen. Ich studiere nur eine beschränkte Seite. Dabei kommt er zur Verdünnung des Bodens mit Sand und zum Arbeiten bei voller Wasserkapazität. Wir begrüßen es, daß *Mitscherlich* so vorgeht. Wir kombinieren Feldversuch, Erfahrung aus der Praxis und Bodenuntersuchung. Der Anschluß an die Praxis ist für uns das Wichtigste. Wir untersuchen nur Böden von uns bekannten Typen oder, besser gesagt, wir können nur für uns bekannte Böden auf Grund der gewonnenen Analysenergebnisse gewisse Ratschläge geben. Wenn wir Proben aus Indien oder Afrika bekommen, können wir diese selbstverständlich untersuchen und können dann die Ergebnisse rein zahlenmäßig weitergeben; wir sagen aber von vorn-



herein, daß wir nichts Näheres aussagen können, weil wir die Verhältnisse nicht kennen. Wichtig ist, wie auf dem Bodenkongreß in Djocja 1916 schon ausgesprochen wurde, daß man neben den Resultaten des Feldversuchs auch die Erfahrungen der Praxis zur Verarbeitung der Untersuchungsergebnisse hinzuzieht. Dieser Anschluß an die Praxis ist für uns ziemlich leicht; wenn wir eine Bodenprobe haben, so können wir uns erkundigen, wie und was in der betreffenden Gegend gedüngt wird; gedüngt wird meistens, nur bisweilen zu viel oder zu wenig. Dieser Standpunkt hat sich von 1916 bis jetzt bewährt.

*Mitscherlich* kommt immer auf den Feldversuch zu sprechen; ich muß wiederholen, daß ich immer über Feldversuche rede, die in genügender Anzahl richtig angestellt und gehandhabt sind. Ich bin nicht überzeugt, daß die Feldversuche in genügender Zahl und in richtiger Weise von *Mitscherlich* angelegt wurden, wenn er zu einem so ablehnenden Standpunkt kommt. Wenn ein Feldversuch keinen Mehrertrag bringt, so ist das ein Fall, der unter den vielen, die man braucht, sicher vorkommen wird. Die Boden- und Pflanzenanalyse wird dann die richtige Einsicht geben: Bodenuntersuchung und evtl. Pflanzenanalyse ist eine wichtige Voraussetzung und Ergänzung zur richtigen Durchführung von Feldversuchen. Ein richtig angelegter Feldversuch verlangt eine große Anzahl von Objekten, Pflanzenanalyse, Bodenuntersuchung usw. Wenn man gegen den Feldversuch einwendet, man komme mit ihm nicht aus, weil er keine klaren Resultate liefere, so ist wahrscheinlich die Feldversuchsanlage nicht richtig gehandhabt.

*Schmitt*: Wie soll die Anordnung sein?

*de Vries*: Dies läßt sich hier nicht im einzelnen auseinandersetzen. Wichtig ist z. B., daß der Feldversuch nach dem Serienprinzip angelegt wird. Es sollte nicht nur ungedüngt gegen volle Düngergabe stehen, sondern die Gaben müssen in kleinen Mengen steigend gestaffelt sein.

*Mitscherlich*: Ich möchte die Herren auf unsere Feldversuche aufmerksam machen, die genau dem Prinzip von *de Vries* entsprechen (73, 74). Betreffs meiner Auffassung über Gefäß- und Feldversuch besteht immer noch ein Mißverständnis. Es ist einerlei, ob wir große oder kleine Düngermengen geben, der Feldversuch kann keine Auskunft erbringen, wenn die Ergebnisse bereits in dem oberen Teil der Kurve liegen, dann sind nämlich die Fehler so groß, daß sich Unterschiede nicht mehr genau ermitteln lassen. Der Feldversuch gibt unter solchen Umständen keine Auskunft! Wir können mit seiner Hilfe nicht ermitteln, was die chemische Bodenanalyse leistet.

*de Vries*: Es müssen immer mehrere Feldversuche angelegt werden, die zusammen mit den Bodenanalysen Auskunft geben. Von einer Anzahl von Feldversuchen auf gleichem Bodentyp werden die Ertragszahlen gegen die Resultate der Bodenanalyse graphisch aufgetragen und so der Zusammenhang ermittelt (Kurvenbilder).

*Mitscherlich*: Ich nehme hier etwas vorweg, was Sie heute mittag noch auf dem Versuchsfeld sehen werden. Auf unserem Versuchsfeld haben wir leider solche Böden, die auf Kali und Phosphorsäure nur innerhalb der Versuchsfehler reagieren. Versuche mit diesen Nährstoffen



können wir hier also nicht ausführen. Seit Jahren arbeiten wir deshalb über die Stickstoffwirkung verschiedener Gründüngung, ihre Nachwirkung in den folgenden Jahren usw. Die Versuchsanlage ist dabei die folgende:



Die Teilstücke erhalten z. B. 1 = 0; 2 = 1; 3 = 2; 4 = 4; 5 = 6 dz/ha an Ammoniumsulfat für Kartoffelversuche.

Hierbei wird eine genau dem Prinzip von *de Vries* entsprechende Versuchsanlage durchgeführt.

*de Vries*: Ich bin mit dieser Versuchsanlage durchaus einverstanden. — Wie machen Sie es mit der Phosphorsäure?

*Mitscherlich*: Die Phosphorsäure-Versuche führen wir außerhalb durch. Anhand unserer Gefäßversuche stellen wir zunächst einen geeigneten Schlag mit Phosphorsäuremangel fest. Hier stellen wir dann unsere Versuche an. Wenn wir keine Ertragssteigerung erzielen, ist der Versuch für uns wertlos.

*de Vries*: Arbeiten Sie dabei auch gestaffelt?

*Mitscherlich*: Ja. Wir studieren zur Zeit nach dem gleichen Prinzip die Wirkung der Phosphorsäure und des Kalis im Stallmist. Dabei geben wir steigende Stallmistgaben, zu denen in einer Versuchsreihe mineralische Volldüngung gegeben wird, in der zweiten nur N und P, in der dritten nur N und K.

*de Vries*: Ich bin ganz einverstanden, nur kann ich nicht verstehen, warum *Mitscherlich* sich dann gegen den Feldversuch wendet. Wir müssen mitunter zwei Jahre suchen, um für einen bestimmten Versuch den richtigen Boden zu finden. Zunächst werden Bodenanalysen gemacht, z. B. um phosphatarme Felder zu finden. Manchmal muß der Boden verarmt werden, indem man ohne Düngung anbaut. Wir haben so viele Versuche, namentlich auch mit Phosphorsäure in der Praxis laufen. Ein gutes System ist ein großes zentrales Versuchsfeld mit vielen Objekten, ausführlich studiert; und in der Umgegend auf demselben Bodentyp eine Anzahl einfache, kleinere Felder, um zu studieren, wie die Resultate sich in der Praxis auswirken.

*Alten*: Wir müssen *de Vries* dankbar sein, daß er uns durch seine klare Problemstellung den hier zur Diskussion stehenden Dingen weitgehend nähergebracht hat. Die bei den einzelnen Herren über die Anwendung des Feldversuches bisher vorhanden gewesenen Mißverständnisse sind weitgehend geklärt. Die Differenzdüngungsversuche in Holland und Deutschland können nicht so ohne weiteres verglichen werden. *de Vries* stammt aus dem glücklichsten Lande Europas, in dem die klima-

tischen Bedingungen für Feldversuche außerordentlich günstig liegen. Bei uns dagegen macht das Klima bei Ausführung der Feldversuche sehr oft einen Strich durch die Rechnung. Ich sehe in dem Mitscherlich'schen Gefäßversuch daher ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für die Bodenuntersuchung in der Praxis. In ihm haben wir optimale Verhältnisse, die im Feldversuch nur selten anzutreffen sind.

*de Vries:* Ich behaupte nicht, daß unser Weg der unbedingt richtige und für alle Fälle der gegebene ist. Nie ist eine Methode die richtige. Man muß sich nach der praktischsten Aushilfe den jeweiligen Verhältnissen entsprechend umtun. Es gibt bei unseren landwirtschaftlichen Problemen nicht nur zwei, sondern hundert Wege, von denen wahrscheinlich jeder gewisse Vorteile hat.

*Niklas:* Wir müssen uns darüber klar sein, daß wir dann, wenn wir die absoluten Ergebnisse unserer Untersuchungen unmittelbar zur Beratung der Praxis heranziehen wollen, einen großen Fehler machen würden. Wir müssen bei der Auswertung immer die Fühlung mit den Ergebnissen der Praxis und den örtlichen Verhältnissen, wie Untergrund und dergl. aufnehmen; ebenso falsch wäre es, wenn wir den Feldversuch allein zum Vergleichsmaßstab für unsere Untersuchungsmethoden heranziehen wollten. Wir können dieses nur unter der Voraussetzung tun, daß wir im Falle einer Differenz zwischen Feldversuchsergebnis und dem Ergebnis der Untersuchungsmethoden genau feststellen, worauf diese Differenz zurückzuführen ist. Der Gefäßversuch hat auch wieder seine spezifischen Wirkungen. Daher hat ein unmittelbarer Vergleich allein mit ihm auch seine Nachteile. Der Vorteil dabei ist, daß er pflanzenphysiologisch aufgebaut ist und mit dem gleichen Untersuchungsmaterial arbeitet, wie unsere chemischen Methoden. Ich möchte dringend davor warnen, Feldversuche und chemische Analyse nur unter sich zu vergleichen. Wir würden der chemischen Untersuchungsmethode damit einen schlechten Dienst erweisen. Wir können den Vergleich machen, müssen dann aber den Gründen für mangelnde oder nicht vorhandene Übereinstimmung zwischen Feldversuch und Bodenanalyse genauestens nachgehen. Wir müssen uns darüber klar sein, daß wir mit dem Material, mit dem wir bei der Bodenanalyse arbeiten, doch nur einen Bruchteil dessen erfassen, was im Feldversuch wirksam ist. Bei dem Gefäßversuch ist die Fragestellung doch eine andere als bei den sonstigen Bodenuntersuchungsmethoden! Er gibt uns die Düngerwirkung an, während wir sonst die vorhandenen Nährstoffe erfassen. Da er sehr exakt ausgearbeitet ist, hat er auch einen großen Vorteil gegenüber dem Feldversuch. Denn es ist fraglich, ob die Feldversuche, die man zum Vergleichsmaßstab heranziehen will, genügend exakt angelegt sind. Meine Ansicht ist, daß die Bodenuntersuchungsmethoden in engster Anlehnung an den Gefäßversuch und die Keimpflanzenmethode ihren eigenen Weg gehen sollen, und daß bei mangelnder Übereinstimmung mit dem Feldversuch genauestens der Frage nachgegangen werden muß, worauf dieser Mangel in der Übereinstimmung zurückzuführen ist.

*Keller:* Ich möchte zu der Auseinandersetzung Gefäßversuch oder Feldversuch Stellung nehmen. Meiner Meinung nach ist entscheidend: Was dann, wenn mir der Feldversuch nicht mehr genügend oder zu sehr



schwankende Ertragssteigerungen gibt? — Bin ich in solchen Fällen gezwungen, genauere Ergebnisse in kürzerer Frist zu erstellen, so bietet sich der Gefäßversuch als Hilfe dar. *de Vries* schlägt in diesem Falle vor, die notwendigen Versuche auf anderen, schärfere Ausschläge gebenden, aber sonst gleichen Böden anzulegen. *de Vries* nennt das uns vorliegende Problem anschaulicherweise ein polydimensionales. Bei dieser Anschauung muß man aber die Frage stellen, ob beim Übergang von einem Boden zum anderen, wie also damit vorgeschlagen wurde, gewiß nur die Dimension der Nährstoffversorgung abgeändert wurde und nicht doch auch noch andere Dimensionen. Abgesehen davon: In dem günstigen Klima Hollands mag der Feldversuch gewiß vorwiegend befriedigen. Anders ist es unter kontinentalen Verhältnissen. Daß auch hier der Weg *de Vries'* gangbar ist, soll nicht geleugnet werden, aber die Schwierigkeiten sind weit größere, klare Ergebnisse nur viel mühsamer zu erzielen. Der Gefäßversuch scheint in vielen Fällen das Gegebene zu sein. In Österreich lassen Feldversuche sehr häufig sich darum nicht durchführen, weil auf der Volldüngungsparzelle infolge Wassermangels Depressionen eintreten. Der Gefäßversuch hat hier zwei Vorteile:

1. er verhilft zu gesicherten Ergebnissen,
2. es wird verhütet, daß neue Dimensionen geändert werden, wie dies im Feldversuch sehr leicht der Fall ist.

*de Vries:* Ich möchte *Keller* sagen, wenn wir eine Ertragskurve, wie ich sie gezeigt habe, aufstellen, so sind das natürlich Werte, die auf mehreren, oft vielen Versuchsfeldern eines ganzen Gebietes erzielt wurden. Wir nehmen die Resultate aller Versuchsfelder zusammen, darunter auch solche, die keine Ertragssteigerung ergaben. Wir kommen so für einen gewissen Bodentyp zu einer Kurve und können für diesen dann angeben, bei welcher Kalizahl z. B. eine Düngung noch zu geben ist und bei welcher nicht mehr. Wir studieren also die Böden Typ für Typ. Unser erstes Ziel ist, die Praxis beraten zu können. Aus diesem Grunde müssen wir uns mit unseren Methoden auch an die Praxis und damit an den Feldversuch anlehnen. Das Arbeiten bei voller Wasserkapazität und mit Sandverdünnung mag wissenschaftlich interessant sein, für die Praxis kommt es nicht in Frage.

*Mitscherlich:* Ich glaube, unsere Gegensätze rühren daher, daß *de Vries* vom „Ganzheitsproblem“ ausgeht, während ich mit meiner Arbeit den induktiven Weg gehe. Auch wir arbeiten beim Gefäßversuch in 20 000 Gefäßen alle Jahre direkt für unsere landwirtschaftliche Praxis auf Grund unserer wissenschaftlichen Vorarbeiten.

*de Vries:* Zweifellos liegt die Ursache bestehender Unstimmigkeiten mehr auf dem Gebiet der philosophischen Unterlagen unserer Denk- und Arbeitsweise. In den technischen Seiten sind wir gut eingearbeitet und können uns darüber ohne viel Mühe einigen: die Differenzen kommen erst bei der Fragestellung, wie man das verwickelte, vielfaktorige Problem anfassen soll, welche Schlüsse erlaubt sind und was man viel dabei denken soll. Im allgemeinen will man zuviel in kurzer Zeit erreichen und ist geneigt, zu viel zu generalisieren.

*Schmitt:* Ich möchte *Niklas* gern fragen, wie er denn in Bayern die Beratung der Landwirte vornimmt, wenn er den Feldversuch ablehnt?



Ich möchte wissen, wie *Niklas* seine Bodenuntersuchungen und Kartierungen aufgebaut hat? Der Bauer muß wissen, wieviel er an Phosphorsäure und Kali geben muß, um zu einem mittleren oder hohen Ertrag zu kommen. Man muß also vorausbestimmen, was der Bauer in diesem oder jenem Falle tun muß. Wir müssen im voraus die geologischen und klimatischen Verhältnisse berücksichtigen und unter Verwertung dieser Vorkenntnisse und der Ergebnisse der Untersuchungsmethoden versuchen, dem Bauer eine richtige Auskunft zu geben. Den Feldversuch kann ich nicht so weit ablehnen, wie es *Niklas* getan hat.

*Allen*: Ich möchte *Niklas* fragen, wie er nun in Wirklichkeit die Landwirtschaft berät. Er lehnt den Feldversuch als Bodenuntersuchungsmethode ab, und er lehnt auch die übrigen chemischen und biologischen Methoden mit Ausnahme seiner Aspergillus-Methode ab. Damit sind wir eigentlich so weit, daß wir uns fragen müssen, zu welchem Zweck wir überhaupt nach Königsberg gekommen sind. *de Vries* hat uns doch in so hervorragender Weise gezeigt, wie mit Feldversuchen und chemischen Bodenuntersuchungen, wenn man sie mit den Erfahrungen der Praxis zusammenbringt, der Praxis gedient werden kann. Den Praktiker interessiert nicht, ob wir seinen Boden nach der einen oder anderen Methode untersuchen, sondern er will wissen, wie er auf Grund unserer Untersuchungen den Boden düngen soll. Wir sind uns darüber im klaren, daß jede Schematisierung in der Bodenuntersuchung dem Landwirt mehr schadet als nützt. Wollen wir den Landwirt beraten, so müssen wir zumindest wissen, wie wir die Werte, die uns unsere Methode liefert, auswerten sollen. Ich warne davor, dem Praktiker Bodenuntersuchungsdaten in die Hand zu geben, denn damit kann er nichts anfangen, weil sie ihm über die Frage, wie er seinen Boden düngen soll, nichts aussagen können.

*Giesecke*: Ich möchte *Niklas* fragen, wie er sich die beabsichtigte Prüfung seiner Aspergillus-Methode vorstellt? An welchem Maßstab soll sie eigentlich erfolgen, wenn *Niklas* den Feldversuch so unbedingt ablehnt?

*v. Boguslawski*: Ich habe die Kurven von *de Vries* nicht recht verstanden. Ist es so, daß die Ergebnisse einer Reihe von Feldversuchen, die auf verschiedenen Schlägen angestellt sind, zu einer Kurve zusammengelegt wurden? Das ist bei uns nicht möglich. Haben Sie mit denselben Pflanzen, unter denselben klimatischen Verhältnissen und dem gleichen Boden gearbeitet? Wenn ich hier bei uns von einem Schlag auf den anderen gehe, kann ich die Ergebnisse unmöglich in einer Kurve zusammenfassen.

*de Vries*: Ich habe verschiedene Feldversuche für dieselbe Pflanze und den gleichen Bodentyp in eine Kurve zusammengelegt. Dieses läßt sich machen, wenn man für alle Versuche auf einen Höchstertrag gleich 100 umrechnet.

*Keller*: Wenn wir in einer Gegend mit dem Feldversuch zu überhaupt keinem Ergebnis kommen, müssen wir notwendigerweise zu dem Gefäßversuch übergehen. In Österreich versagt der Feldversuch oft deswegen, weil die Volldüngungspartzen infolge Wassermangels Depres-



sionserscheinungen zeigen. Hier müssen wir zum Gefäßversuch übergehen, weil wir nur bei ihm unter optimalen Bedingungen arbeiten und tatsächlich Mehrerträge erzielen können.

*de Vries:* Man könnte dann auch Gefäßversuche mit Böden und unter gegebenen Regenverhältnissen hinzuziehen, also nicht mit Sand verdünnen und nicht dauernd mit Wasser gesättigt halten wie im Mitscherlich-Versuch.

*Schmitt:* Ich verstehe folgendes nicht: Sie erzielen also im Feldversuch infolge Wassermangels durch Düngung keine Mehrerträge. Was soll Ihnen dann der Gefäßversuch sagen? Wie wollen Sie die Wasserverhältnisse im Felde optimal gestalten?

*Keller:* Ich stelle doch in dem Gefäßversuch die Wasserversorgung optimal.

*Schmitt:* Wie wollen Sie die Ergebnisse des Gefäßversuches auf die Praxis übertragen?

*Keller:* Ich sagte nur, daß es bei uns nicht selten vorkommt, daß der Feldversuch wegen Wassermangels versagt. Ich sage aber nicht, daß wir immer unter Wassermangel leiden. Wir haben nicht durch jede Düngung Depressionen.

*Schmitt:* Ich entnehme aus Ihrem Beispiel, daß ich mich nicht allein auf den Gefäßversuch verlassen kann.

*Keller:* Sie dürfen nicht vergessen, daß die Witterungsverhältnisse von Jahr zu Jahr verschieden sind. In manchen Jahren glückt der Feldversuch, in anderen versagt er. Sie dürfen das, was ich über Depression sagte, nicht so verallgemeinern.

*Niklas:* Ich bin leider mißverstanden worden. Die Bodenuntersuchung muß auf den Ergebnissen der Praxis aufbauen. Ich habe mit unseren Landwirtschaftsberatern, die die praktischen Verhältnisse kennen und denen die Durchführung der Feldversuche oblag, dauernd in Fühlung gestanden. Wir haben es so gemacht, daß entweder der zuständige Landwirtschaftslehrer oder wir selbst die Bodenproben entnommen haben. Die Untersuchung wurde dann von uns durchgeführt und die Ergebnisse dem Landwirtschaftslehrer zugeschickt. Dieser konnte dann die gefundenen Analysenwerte mit den praktischen Erfahrungen und örtlichen Gegebenheiten in Einklang bringen und den Landwirt beraten. Dadurch wurden die großen Mängel unrichtiger Grenzzahlen aufgehoben oder doch ganz erheblich abgeschwächt. Wir haben dabei erkannt, daß in der Probeentnahme ungeheure Fehlerquellen stecken. Wir müssen unsere Landwirte dazu ausbilden, daß sie mit der Bodenuntersuchung tatsächlich etwas anzufangen wissen. Wir sind so vorgegangen, daß wir mit den einzelnen Gemeinden Fühlung genommen haben; wir haben uns die praktischen Verhältnisse genau angesehen, haben Bohrungen angestellt und auf Grund all dieser Untersuchungen Karten gezeichnet. Auf Grund dieser Kartierung konnten wir die Bodenuntersuchung auf eine ziemlich sichere Grundlage bringen. Wir haben dann Sprechabende abgehalten und den Landwirten zu zeigen versucht, was wir alles aus der Bodenuntersuchung ersehen können.

Wir konnten so mit ziemlich großer Genauigkeit unsere wissenschaftlichen Ergebnisse übertragen und haben gute Erfahrung damit gemacht. Die Gefahr für die Bodenuntersuchung liegt darin, daß man unter Umständen versucht, auf Grund ihrer Ergebnisse, ohne Kenntnis der praktischen Erfahrung und der vorliegenden Verhältnisse, den Landwirt zu beraten. Jedenfalls hat uns die Verbindung mit der Praxis über die zuständigen Landwirtschaftslehrer sehr weit gebracht.

Was nun die Prüfung unserer Methoden anbetrifft, so können wir natürlich den Feldversuch zu ihrer Beurteilung heranziehen, aber nur unter der Bedingung, daß beim anscheinenden Versagen der Laboratoriums-Methoden genau nachgeprüft wird, warum der Feldversuch ein anderes Ergebnis zeitigen mußte. Wenn dies nicht geschieht oder nicht geschehen kann, halte ich den Gefäßversuch als Vergleichsmaßstab für viel besser. Es ist natürlich außerordentlich wertvoll, die pflanzenphysiologisch begründeten Methoden bei der Beurteilung der Methoden mit heranzuziehen, weil sie der Praxis am nächsten stehen; nur darf man nicht vergessen, daß in diesem Vergleich die jetzt schon wiederholt genannten Fehlermöglichkeiten stecken. Wir dürfen nie vergessen, daß wir nur einen geringen Teil des Bodens untersuchen, und daß wir nicht den gewachsenen Boden prüfen. Die von uns untersuchten Bodenproben sind Laboratoriumsprodukte. Wir arbeiten allerdings dabei unter ganz konstanten Verhältnissen.

*Allen:* Ich kann feststellen, daß *Niklas* genau der gleichen Ansicht ist wie wir alle. Es ist selbstverständlich, wenn ein Feldversuch mit den Ergebnissen einer Laboratoriums-Methode nicht übereinstimmt, daß man dann der Sache auf den Grund gehen muß.

*Niklas:* Der Vergleich mit dem Gefäßversuch ist einfacher und leichter als mit dem Feldversuch. Das ist ein großer Vorteil.

*deVries:* Wir sind uns darüber einig, daß man untersuchen soll, warum unsere Laboratoriums-Methoden in manchen Fällen nicht alles geben, was man in der Praxis braucht. Wir müssen nicht nur die einzelnen Methoden mit Praxis und Feldversuch vergleichen, sondern auch die einzelnen Methoden untereinander. Wir müssen studieren, warum z. B. die Zitronensäure- und die Aspergillus-Methode so gut übereinstimmen bei der Korrelationsberechnung; wie es mit dem End-pH bei beiden steht und mit den sonstigen gelösten Stoffen (Ca, Fe usw.). Auch die verschiedenen Methoden des Gefäßversuches sollten untereinander detailliert verglichen werden. Ich habe in meiner obigen Aufstellung eine Reihe von Gefäßversuchen aufgestellt. Man soll nun studieren, was für Unterschiede zwischen den einzelnen bestehen, was der eine und was der andere uns lehrt, warum der Gefäßversuch nach *Mitscherlich* in der vorliegenden und nicht in anderer Weise durchgeführt wird. Alle diese einzelnen Vorgänge sollte man genau studieren, insbesondere auch den Einfluß wechselnder Sandverdünnung, Wasserverhältnisse usw.

*Mitscherlich:* Mir scheint, daß unsere Diskussion etwas auseinandergefallen ist. Mich interessiert folgende Frage: Ich habe den Zusammenhang zwischen Gefäß- und Feldversuch ermittelt und den Anschluß an die Praxis gesucht. Danach richten wir uns in unseren Beratungen. Der



Gefäßversuch hat nun den Nachteil, daß er sehr umständlich und teuer ist. Man kann ihn auch nicht in so umfangreichem Maße durchführen, um das Bedürfnis der Praxis voll zu befriedigen. Wir brauchen immer noch zehn Gefäße für eine Untersuchung. Dann kann man die Untersuchung nur einmal im Jahre durchführen. Das hat mich seinerzeit veranlaßt, nach einer Schnellmethode zu suchen, die uns zunächst annähernd sagt, was mit dem Boden los ist. Deswegen habe ich den Gefäßversuch zum Vergleichsmaßstab genommen, vor allem auch darum, weil wir mit dem gleichen Bodenmaterial wie in der Laboratoriumsmethode arbeiten, denn ein Vergleich ist nicht möglich, wenn wir verschiedene Objekte hinzuziehen! Ich möchte eine Methode haben, die den Gefäßversuch weitgehend ersetzt. Nach ihr sollen alle Bodenproben zunächst untersucht werden. Wenn dabei eine bestimmte Anzahl von Böden herausfällt, die sich nach der Laboratoriumsmethode in ihrer Düngerbedürftigkeit nicht genügend erkennen lassen, so soll dieser Rest mit dem Gefäßversuch untersucht werden. Die Schnell-Methode, die wir so auf den Gefäßversuch gründen, ist damit pflanzenphysiologisch begründet. Eine derart basierte Schnell-Methode besitzen wir noch nicht. Wenn wir unsere Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit betrachten, so können wir feststellen, daß wir für die Phosphorsäure schon recht gute Resultate erzielt haben, während man dies für die Kalibestimmung nicht sagen kann. Ich möchte vorschlagen, bei der Diskussion zunächst einmal von den Fragen der praktischen Beratung abzusehen. Wir müssen die Dinge zunächst wissenschaftlich klären. Ich gebe ohne weiteres zu, daß der Gefäßversuch auch Mängel hat. Nur sehe ich vorläufig keinen besseren Weg.

*Pavlovski:* Wir haben die Mengen an P, K und N in der Ernte der Gefäßversuche ermittelt und haben dabei etwas andere Beziehungen gefunden, wie sie für die Ertragsmengen Gültigkeit haben. Die Kurven gehen etwas höher als die des Ertrages.

*Mitscherlich:* Es ist selbstverständlich, daß der Gefäßversuch Fehler hat. Er soll ja auch nur als vorläufiger Maßstab dienen. Wir müssen doch einen Maßstab haben. Wir sind zur Zeit dabei, den Gefäßversuch auch an anderen Orten und unter anderen klimatischen Verhältnissen nachprüfen zu lassen. Um diesem Problem näher zu kommen, haben wir inzwischen eine neue internationale Gemeinschaftsarbeit begonnen.

*de Vries:* Es ist sehr zu begrüßen, daß die Gefäßversuchsmethode genau nachgeprüft werden soll. Man müßte dann eine ganze Reihe von Faktoren heranziehen, z. B. Höhenlage, Klima usw. Man soll auch Gefäße mit reinem Boden zum Vergleich heranziehen, ebenso solche, die im Boden eingegraben sind. Man muß untersuchen, wie sich die Pflanze im Gefäßversuch bei zeitweisen Trockenperioden verhält im Gegensatz zu dauernder Feuchtigkeit. Daß man bei der Laboratoriumsmethode und im Gefäßversuch vom gleichen Bodenmaterial ausgeht, soll man meines Erachtens nicht so sehr betonen, da ja doch eine Reihe von Faktoren noch mitspielen.

*Mitscherlich:* Wir sind uns auch über die mathematischen Voraussetzungen nicht einig. Beim Gefäßversuch, wo es auf die relative Ertragssteigerung ankommt, ist es gleichgültig, wie sich die anderen Wachs-



tumsfaktoren gestalten, die wir bei diesen Versuchen konstant halten; wir nehmen die volle Wasserkapazität, um einen hohen Ertrag zu erzielen. Wenn wir der Pflanze gestaffelte Wassermengen zur Verfügung stellen, so verläuft der Erfolg in der Ertragssteigerung ebenfalls nach dem Wirkungsgesetz. Wir haben alle diese Fragen untersucht, auch den Einfluß von Dürreperioden. Wir kamen immer zu dem gleichen Ergebnis nach dem Wirkungsgesetz.

*de Vries:* In der Praxis haben wir im Frühling und Herbst hohen Wassergehalt. Dabei stehen aber auch wieder hoher Wassergehalt und verhältnismäßig niedrige Bodentemperaturen in Relation. Wenn der Boden naß ist, ist er bekanntlich kalt. Bei nassem Boden werden also auch andere Faktoren verändert, die sich in ihrem Einfluß auf den Pflanzenertrag geltend machen. Wenn der Boden in der Praxis mit Wasser gesättigt ist, kommt auch noch die Frage der Auswaschung hinzu. Die Verhältnisse werden in der Praxis viel komplizierter. Es scheint mir nicht sicher, daß das Wirkungsgesetz letzten Endes so allgemeine Gültigkeit haben wird. Ich ziehe es vor, zunächst ohne Gesetz von den tatsächlichen Gegebenheiten auszugehen.

*Dreyspring:* Ich gehe mit *Mitscherlich* vollkommen einig in der Auffassung, daß wir zuerst ein Nahziel vor Augen haben müssen. Es ist erforderlich, daß zunächst geprüft wird, welche Schnellmethode mit der besten pflanzenphysiologischen Methode am weitestgehendsten übereinstimmt.

Die beste pflanzenphysiologische Methode ist aber ohne Zweifel der Gefäßversuch nach *Mitscherlich*. Er muß als vorläufiger Maßstab dienen, an dem die Schnellmethoden gewissermaßen zu eichen sind. Erst dann ist der Anschluß an die Praxis hergestellt und der Weg zum Endziel, zum direkten Vergleich mit dem Feldversuch freigelegt. Ich betrachte also den Gefäßversuch als Brücke, als Bindeglied zwischen chemischen Untersuchungsmethoden und Feldversuch. *de Vries* meinte, man müsse vergleichsweise prüfen, ob man bei der Gefäßmethode nicht auch mit reinem Boden arbeiten könne. Ich darf hierzu bemerken, daß wir bei Nährstoffprüfungen in Gefäßen seit Jahren entweder das unverdünnte Bodenmaterial benutzen oder höchstens eine Verdünnung im Volumenverhältnis von 1:1 anwenden. Ich bitte zu erwägen, ob die Sandverdünnung von 1:5 nicht zu groß gewählt, und es statt dessen zweckmäßiger ist, nur mit einem Sand-Boden-Verhältnis von 1:1 zu arbeiten. Wir hatten diesen Vorschlag mit näherer Begründung bereits vor Jahren in der Literatur gemacht (36).

*v. Boguslawski:* Wenn *Dreyspring* wieder auf die Sandverdünnung zu sprechen kommt, so verdient doch betont zu werden, daß beim Gefäßversuch ursprünglich nicht von der umstrittenen Verdünnung ausgegangen wurde. Vielmehr hat sich, wie man aus den Arbeiten von *Mitscherlich* ersehen kann, die Verdünnung und die Art der Versuchsanstellung auf Grund von Vorversuchen als zweckmäßig erwiesen. Die theoretische Unterbauung des Gefäßversuchs als Methode ist soeben anerkannt worden. Die Sandverdünnung ist also eine methodische Angelegenheit. Im übrigen wies ich schon darauf hin, daß sogar die Nährstoffaufnahme,



z. B. bei Kali, vorwiegend dem Mischungsverhältnis entsprechend verschoben wird.

*Dreyspring*: Ich wollte mit diesem Vorschlag nur zum Ausdruck bringen, daß man durch eine geringere Sandbeimischung einen besseren Anschluß an die Praxis erhält; denn durch eine starke Sandbeimischung werden die physikalischen und biologischen Verhältnisse im zu untersuchenden Bodenmaterial doch ganz anders gestaltet, als sie im Originalboden vorliegen.

*Mitscherlich*: Alle diese Fragen sind bereits untersucht, ohne daß andere Ergebnisse erzielt wurden. Wir müssen immer daran denken, daß das Ertragsverhältnis maßgebend ist. Wir berücksichtigen bei unseren praktischen Untersuchungen nicht die aufgenommenen Nährstoffe, sondern die erzielten Erträge. Wir stützen uns lediglich auf das Verhältnis der Erträge. Im übrigen arbeiten wir hier immer mit einem Verhältnis von Boden zu Sand = 1 : 2.

*Keller*: *Dreyspring* bezweifelt anscheinend die Richtigkeit des Wirkungsgesetzes, wenn er die Dinge so betrachtet.

*Dreyspring*: Es liegt mir ferne, die Gültigkeit des Wirkungsgesetzes durch diesen Vorschlag irgendwie in Frage stellen zu wollen.

*v. Boguslawski*: Wir haben uns eigentlich jetzt nicht über das Wirkungsgesetz im allgemeinen zu unterhalten. Es ist selbstverständlich, daß wir in all den angeschnittenen Fragen weiterarbeiten müssen. Mit ähnlicher Fragestellung, wie sie *de Vries* vorschlägt, sind von uns und speziell von mir Untersuchungen in Angriff genommen worden.

*Niklas*: Ich ziehe den Gefäßversuch als Vergleichs-Methode vor.

*Dreyspring*: Ich ebenfalls; denn es ist sicher, daß der Feldversuch mit vielen Unklarheiten behaftet ist, die der Gefäßversuch nicht aufweist.

*v. Boguslawski*: Der Gefäßversuch ist hier als Methode zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses zu diskutieren, für deren Durchführung von *Mitscherlich* bestimmte Versuchsbedingungen ausgearbeitet wurden. Über das zukünftige Arbeitsprogramm haben wir uns eigentlich später zu unterhalten.

*Niklas*: Es ist seinerzeit in Kopenhagen beschlossen worden, daß die Gefäß-Methode als Grundlage für den Vergleich dienen soll. Wenn wir weiter arbeiten wollen, müssen wir unbedingt die Gefäß-Methode hinzuziehen. Sie ist ein wertvolles Vergleichsmittel.

*Alten*: Ich glaube, *Niklas* hat den Beschluß der IV. Kommission in Kopenhagen nicht ganz richtig wiedergegeben. Es wurde dort vereinbart, daß *Mitscherlich* die einzelnen Bodenuntersuchungs-Methoden unter sich vergleichen sollte. Es ist jedoch nicht beschlossen worden, daß die eine oder andere Methode als Standard-Methode herausgestellt werden sollte.

*Bamberg*: Wir haben gesehen, daß außerordentlich viele Methoden für die Bodenuntersuchung vorliegen. Ich will mich daher nur mit den allgemeinen Grundlagen befassen. Ich habe mich besonders mit der

Frage beschäftigt, wie die Löslichkeit der Phosphorsäure vom Bodentyp abhängt und wie man seine Untersuchungsmethoden dem Bodentyp anpassen muß. Wir alle wissen ja, daß die Löslichkeit der Phosphorsäure in erheblichem Maße von der Reaktion des Bodens abhängt. Bei stark sauren Böden bildet die Phosphorsäure mit Eisen und Aluminium schwerlösliche Verbindungen. Die Verschiedenheit in den einzelnen Verbindungen, in denen die Phosphorsäure im Boden vorkommt, ist groß. Deshalb muß man seine Methode den jeweiligen Umständen anpassen. Sie muß für die betreffenden Verhältnisse charakteristisch sein. Wir können die Phosphorsäure mit verschiedenen Lösungsmitteln in Lösung bringen. Wir können Wasser anwenden, aber auch Wasserstoffionen, schließlich noch OH-Ionen und als letzten Weg die Komplexbildung. Die Art des Mittels der Phosphorsäurebestimmung muß man sich aussuchen. Wenn wir die Zitronensäure anwenden, so haben wir bei dem Lösungsprozeß wirksame H-Ionen und Komplexbildung, daher bekommen wir verhältnismäßig schlechte Werte. Ich habe dann mit Ammoniumcitrat gearbeitet und bei pH 6—7 gut übereinstimmende Werte gefunden. Saure Böden müssen bei einem bestimmten End-pH untersucht werden, für alkalische Böden ist Ammoniumcitrat zweckmäßiger. Auf alle Fälle sollen chemische Methoden einen armen Boden nicht als reich kennzeichnen. Das ist aber bei der Zitronensäure häufig der Fall, da zwei verschiedene Lösungsprinzipien sich überschneiden. Das gleiche gilt für die *Egnér*-Methode. Auch bei dem Kohlensäureauszug muß man auf das pH achten. Wenn in alkalischen Böden Calciumbikarbonat gebildet wird, so ist die Löslichkeit eine andere als in sauren Böden. Auch bei gedüngten Böden kommt man zu ähnlichen Zusammenhängen.

*Franck*: Über das, was *Bambers* hier über die Laktatmethode sagt, herrscht bei uns volle Klarheit. Auch wir wissen, daß wir bei alkalischen Böden höhere Werte bekommen, daher berücksichtigen wir in unserer Gleichung auch andere Bodenfaktoren, um solche Wirkungen im Endergebnis auszugleichen. Wenn man so vorgeht, kommt man zu einer glänzenden Übereinstimmung.

*Niklas*: Die Ausführungen von *Bambers* sind sehr interessant. Wir konnten auch feststellen, daß Böden ohne Kalkung mit den Ergebnissen des Gefäßversuches besser übereinstimmten als gekalkte.

*Bambers*: Ich habe auch mit Oxalaten bei alkalischen Böden gearbeitet. Ich konnte in einigen Fällen auch auf alkalischen Böden mit Säuren gute Ergebnisse erzielen.



## 6. Sitzung: Sonnabend, den 18. Juli 1956.

*Mitscherlich:* Wir kommen heute zur Bearbeitung der uns vorliegenden Versuchsergebnisse. Wir können zunächst alle Methoden gegeneinander vergleichen. Es liegt eine Verarbeitung vor von *Kühn*, eine Teilverarbeitung von *Sekera*, die Korrelationszahlen von *Åstrand* und schließlich unsere eigenen Ausarbeitungen. Wir sind bei der Beurteilung der Ergebnisse der Laboratoriumsmethoden nach denen des Gefäßversuches folgendermaßen vorgegangen:

Der Vorsitzende erläutert hier seine im Anhang auf Seite 149 wiedergegebene Vergleichsmethode.

*de Vries:* Wir können die ausgedehnte Tabelle, die *Mitscherlich* herumgereicht hat, jetzt nicht eingehend besprechen, weil wir vorher Zeit zum Studium brauchen. Wir müssen uns jetzt auf die Besprechung der Methoden beschränken. Was die Methode der Auswertung von *Mitscherlich* angeht, so hat sie auch ihre schwachen Seiten, wenn sie vielleicht den meisten sehr einleuchtend ist. Diese schwache Seite kommt in dem zum Ausdruck, was *Mitscherlich* in seinem ersten Satz sagte: Wenn gute Übereinstimmung da ist, müßte das Diagramm eine gerade Linie zeigen. Dies wird sich aber selten verwirklichen, es sind doch immer die Analysen- und Probeentnahmefehler da, die eine gewisse Streuung bedingen. Ein ähnlicher Gedanke kommt auch auf, wenn man die Vertikal- und Horizontallinie, die in diesem Diagramm als Grenzlinien gezogen sind, betrachtet. Sie sollen die Grenze der Düngerbedürftigkeit nach den beiden im Diagramm aufgetragenen Untersuchungsmethoden darstellen. Der Punkt, durch den die Grenzlinie gezogen wird, birgt Analysen- und Probeentnahmefehler in sich, deshalb liegt er nicht fest, sondern er ist schwankend, und damit schwankt auch die ganze Grenzlinie. Ohne Analysenfehler oder mit anderen Analysefehlern wäre der Punkt etwas anders ausgefallen. Je nachdem kann eine Anzahl weiterer Punkte in das nach beiden Methoden genau erfaßte Gebiet hineinkommen oder aber wegfallen. Diese unsicheren Linien scheinen mir weniger wissenschaftlich korrekt als die Korrelationsmethode. Man kann natürlich so vorgehen, muß sich aber vor Augen halten, daß damit eine ziemlich große Unsicherheit bedingt ist, die der Korrelationsmethode nicht anhaftet, denn diese rechnet mit allen Fehlern.

*Åstrand:* Ich muß hier darauf aufmerksam machen, daß auch die Korrelationsrechnung einen geradlinigen Zusammenhang für die einzelnen Werte voraussetzt.

*Niklas:* Wir müssen jedenfalls *Åstrand* dankbar sein, daß er uns die Korrelationszahlen berechnet hat. Sie schalten die Zufälligkeiten aus und stellen eine gute Ergänzung für die schöne Zusammenstellung von *Mitscherlich* dar. Ich möchte vorschlagen, daß die Korrelationszahlen auch noch für die Kalibestimmung berechnet werden.

*Mitscherlich:* Die zufälligen Fehler liegen in den einzelnen Beobachtungen. Wir können sie rechnerisch nicht ausschalten; auch nicht bei der Korrelationsberechnung. Es wäre natürlich sehr schön, wenn uns *Åstrand* die Korrelationszahlen auch für Kali berechnen wollte.

*de Vries:* Wir können die Fehler nicht ausschalten, und in den Grenzlinien liegt daher eine gewisse Willkür.

*Mitscherlich:* Bei den Korrelationszahlen liegt auch eine Willkür vor. Nur wenn man mit absolut sicheren Werten arbeitet, liegt keine Willkür vor. Wenn ich die eine Beobachtung in meinem Diagramm weglasse und setze den Strich tiefer, so ändert sich an den Verhältnissen zunächst gar nichts. Die Grenze ist selbstverständlich bis zu einem gewissen Grade labil. Wir müssen sie aber irgendwie festlegen. Dann bekommen wir einen annähernden Anhaltspunkt für die Schnellmethode, die sich gegenüber dem Gefäßversuch am besten bewährt hat. Man muß natürlich diesen Vergleich noch weiter ausbauen. So haben wir in diesem Jahre 1000 Böden gesammelt, die bereits nach dem Gefäßversuch untersucht und die nun noch nach einigen chemischen Methoden, die sich in der bisherigen Arbeit bewährt haben, untersucht werden sollen.

*v. Boguslawski:* Natürlich haben die einzelnen Beobachtungen Fehler. Meines Erachtens besteht aber die Möglichkeit, in diesem Diagramm die Fehler zu berücksichtigen, indem man statt eines Grenzstrichs einen Grenzstreifen einzeichnet. Solche Grenzziehung wird mit größerer Wahrscheinlichkeit dem Wert der Einzelresultate gerecht. Über die im Grenzstreifen liegenden Böden kann nichts Sicheres ausgesagt werden. Leider werden ja aber die Resultate der Schnellmethoden gewöhnlich ohne Sicherheitsmaß angegeben.

*Dreyspring:* Man muß von einer guten Schnellmethode verlangen können:

- a) daß die Streuung der Einzelwerte sich in engen erträglichen Grenzen hält und
- b) daß sie gut reproduzierbare Werte liefert.

Von einem Probenentnahmefehler kann in vorliegendem Falle kaum die Rede sein; denn sämtliche untersuchten Böden sind doch von einer Stelle aus verteilt worden. Sie entstammen alle derselben Durchschnittsprobe aus dem gleichen Aufbewahrungsgefäß.

*Arrhenius:* Ich sehe in der Korrelationsberechnung eine sehr gute Methode, wenn sie natürlich auch nur eine gewisse Annäherung darstellt. Man kann aus der Tabelle von *Åstrand* (S. 148) sehr interessante Feststellungen machen. Es läßt sich ersehen, wie verschiedene Methoden übereinstimmen, welche Methoden einander verwandt sind. Es ist sehr interessant zu sehen, daß die Salzsäure-, Elektrodialyse-, Salpetersäure- und Zitronensäure-Methoden gut übereinstimmende Werte geben. Wenn wir Zitronensäure- und Milchsäure-Methode vergleichen, bekommen wir auch sehr übereinstimmende Werte, ebenso mit der Aspergillus-Methode, was ja seine guten Gründe hat. Die Korrelationen ergeben eine viel bessere Übersicht als die Rangordnung, wie sie *Mitscherlich* aufgestellt hat. Wir sehen hier in den Tabellen viele Gruppen, in denen Böden zusammenstehen, die alle sehr arm sind. Wenn man diese vielen Gruppen dem



Rang nach ordnen soll, ist das sehr schwierig. Für extreme Fälle kann man so arbeiten. Ich will hier noch darauf hinweisen, daß wir in dieser Aufstellung den Gefäßversuch als Standard-Methode nehmen und alle anderen Methoden damit vergleichen können. Wir müssen dann alle Methoden mit dem Feldversuch vergleichen. Leider konnten wir diesen Vergleich nur für 20 Böden ausführen, da uns für die anderen die Feldversuchsergebnisse fehlen.

*p. Boguslawski:* Ich wollte bezüglich der Korrelationsrechnung sagen, daß diese Zahlen sehr einfach und übersichtlich sind. Sie haben für uns nur die eine Schwäche, daß man die Art der Abweichung bei den schlecht übereinstimmenden Böden nicht feststellen kann. Man kann nicht ohne weiteres sagen, ob zwischen zwei Methoden die Abweichungen bei den armen oder bei den reichen Böden liegen. Das ist aber eine sehr wichtige Frage für die Anwendung der Methoden. Eine Auswertung nach einer Rang-Methode erscheint mir daher sehr wertvoll und notwendig, wenn wir zur umfassenden Bewertung der Methoden kommen wollen.

*Mitscherlich:* Bei dieser Rangordnung kann man auch die einzelnen Böden verfolgen, während man das bei der Korrelations-Methode nicht tun kann.

*Niklas:* Wir haben schon wiederholt Korrelations-Koeffizienten veröffentlicht, die eine sehr gute Übereinstimmung bei der Kalibestimmung zwischen dem Gefäßversuch und der Aspergillus-Methode ergeben haben. Jedenfalls bin ich über die hier von *Mitscherlich* erwähnte, noch unbefriedigende Übereinstimmung der Kali-Methoden mit dem Gefäßversuch sehr überrascht. Die Korrelationsberechnung ist insofern eine wertvolle Ergänzung für die Arbeiten von *Mitscherlich*, weil sie alle Methoden untereinander vergleichen läßt. Nachdem sich auf Grund der Tabellen von *Mitscherlich* tatsächlich die Möglichkeit bietet, jeden einzelnen Boden zu verfolgen, haben wir wohl alle den Wunsch, daß dazu auch noch die Korrelationszahlen für Kali ausgerechnet werden.

*de Vries:* Man muß sich darüber klar werden, welche Bedeutung die hier vorliegenden Resultate haben sollen. Hier und da hört man die Meinung, daß es schön ist, wenn eine hohe Korrelationszahl in der Tabelle von *Astrand* auftritt. Diese zeigt aber an, daß beide Methoden uns fast dasselbe lehren und daß daher eine von beiden verworfen werden kann, und zwar kann man dann die einfachste auswählen. Wenn die Korrelation aber klein ist, so darf man meiner Ansicht nach die Methode, die abweicht, nicht verwerfen, sie sagt eben etwas anderes aus. Man muß studieren, ob sie uns einen wertvollen neuen Aspekt eröffnet. *Mitscherlich* möchte nur mit dem Gefäßversuch vergleichen. Die Sache ist damit aber nicht zu Ende. Wir müssen mit der Praxis und dem Feldversuch vergleichen. Wir müssen wissen, wie Methoden, die untereinander eine kleine Korrelation zeigen, mit Praxis und Feldversuch übereinstimmen. Wir können aber die Feldversuchsergebnisse noch nicht zum Vergleich heranziehen, weil diese von mehreren Instituten nicht bekanntgegeben wurden, und das hat zur Folge, daß wir mit unseren ganzen Besprechungen nicht weiter kommen werden. Wir können die Methoden untereinander vergleichen, können vielleicht auch da, wo die Korrelation



hoch ist, auf die eine oder andere verzichten. Dem Ziel nähern wir uns aber nicht, weil noch ein Vakuum vorhanden ist, nämlich das Fehlen der Vergleichsmöglichkeit mit den Feldversuchsergebnissen. Betrachten wir die Methode *Reifenberg*, die mit allen anderen niedrige Korrelationszahlen gibt! Wir können sie nicht verwerfen; sie zeigt uns das Problem eben von einer anderen Seite. Wenn, sagen wir, die Laktat-Methode eine genaue Zeichnung, die Zitronensäure-Methode ein Gemälde, die Aspergillus-Methode vielleicht eine Fotografie von dem Gebäude von vorn ist, die uns dasselbe in etwas anderer Weise abbildet, so ist vielleicht die Methode *Reifenberg* eine Fotografie von der anderen Seite. Am weitesten kommt man bei unseren verwickelten Problemen, wenn man das Gebäude von beiden oder von mehreren Seiten betrachtet.

*Arrhenius*: Ich möchte das unterstreichen, was *de Vries* gesagt hat. Unsere Korrelationsberechnung soll keine Wertschätzung der Methoden sein, sie soll nur den Vergleich ermöglichen, welche Methoden übereinstimmen und welche nicht.

Ich habe hier die Feldversuchsergebnisse von den schwedischen Böden, es sind nur Phosphorsäureuntersuchungen, auf einer Tabelle wiedergegeben. Die Gefäßversuchsergebnisse stimmen gut damit überein, ebenso die der Zitronensäure- und Laktat-Methode. Es sind aber auch einige Böden, bei denen der Gefäßversuch gar nicht mit dem Feldversuch übereinstimmt. Nun stehen wir vor der Frage: Was soll Standard-Methode sein? Wir können da nur *de Vries* zustimmen und sagen, daß die Feldversuche den letzten Maßstab abgeben müssen. Ich stehe auf dem Standpunkt, daß der Feldversuch als Standard- und Vergleichs-Methode gebraucht werden muß.

*Mitscherlich*: Ich selbst habe den Vergleich mit der Gefäßmethode angestellt, um nach Möglichkeit den umständlichen Gefäßversuch auszuschalten. Die Gefäßmethode arbeitet rein pflanzenphysiologisch und gestattet mir die Berechnung von relativen Werten, ferner arbeitet sie mit dem gleichen Material wie die chemischen Methoden. Setzen wir hingegen den Feldversuch zum Vergleich an, so haben wir ein ganz anderes Bodenmaterial; der Nährstoffgehalt des Untergrundes spielt mit. Ich kann diesen Weg eines unmittelbaren Vergleichs der chemischen Methode mit dem Feldversuch nicht mitgehen. Selbstverständlich müssen wir den Anschluß an die Praxis haben, müssen dann aber die unteren Bodenschichten mituntersuchen und bei der Auswertung der Ergebnisse mitheranziehen. Erst dann können wir den Gefäßversuch durch den Feldversuch ersetzen.

*de Vries*: In unseren Verhältnissen ist der Untergrund selten von so großer Bedeutung; um ihn braucht man sich darum zunächst nicht allzu sehr zu kümmern.

*Franck*: Wir müssen bei unserer Diskussion berücksichtigen, daß in all den angeschnittenen Fragen viele Faktoren mitspielen. So hängen auch beim Gefäßversuch die Grenzwerte vom pH ab; dieser Einfluß läßt sich durch eine einfache Gleichung erfassen. Wir müssen also das ganze Material von allen Seiten ansehen und durcharbeiten. Ich halte es für am besten, wenn alle Feldversuchsergebnisse zunächst zu *Mitscherlich* ge-



schickt werden und dann einer von uns die endgültige Auswertung und Zusammenstellung der Feldversuchsergebnisse übernimmt.

*Keller:* Wir kommen um das Eingehen auf den besonderen Fall, Besprechung der Beziehungen zwischen Boden und Methode, nicht herum aus folgenden Gründen:

1. Die Methoden bestimmen zum Teil verschiedenes: Düngerwirkung und Nährstoffgehalt, daher müssen wir falsch gehen, wenn wir die direkten Werte und nicht Grenzwerte vergleichen.
2. Methoden, die wenig Grade der Bedürftigkeit unterscheiden, schneiden beim Vergleich mit solchen, die viele Grade angeben, bei der Aufstellung von Korrelationsziffern aus rein mathematischen Gründen schlecht ab.
3. Zeigt Azotobakter so für den Großteil der Böden vollkommene Übereinstimmung, so hat er derart in mathematischer Auslegung nur sehr schlechte Koeffizienten.

*Dreyspring:* Um alle Schnellmethoden unter einheitlichen Bedingungen mit den Gefäßversuchsergebnissen vergleichen zu können, müssen sie zwangsläufig in einen gemeinsamen Rahmen gepaßt werden. Ein einheitlicher Maßstab kann bei der Verschiedenartigkeit der angewendeten vielen Methoden kaum anders erhalten werden, wie es *Mitscherlich* getan hat. Es ist allerdings klar, daß bei dieser allgemeinen Art der Auswertung alle jene Methoden, die eine genauere Auskunft über den Nährstoffzustand geben wollen, und solche, die mit Grenzwerten arbeiten, schlechter wegkommen.

Ich darf das kurz an unserem Verfahren als Beispiel demonstrieren: Bei der als Vergleich dienenden Gefäßmethode liegt die Düngebedürftigkeitsgrenze für Phosphorsäure nach *Mitscherlich* bei 10,5 mg je 100 g Boden. Es sind dann alle Böden, die sich links von dieser Grenzlinie befinden, nach der Gefäß-Methode phosphorsäurebedürftig, alle rechts davon liegenden nicht bedürftig.

Ebenso wie *Mitscherlich* im Punkte 10,5 auf der Abszissenachse seine Grenzlinie errichtet, zeichnen wir nun auch unsere mittlere Düngebedürftigkeitsgrenze für den direkt verwertbaren Phosphorsäure-Vorrat bei 50 kg/ha des Ordinatenmaßstabes als Horizontale ein.

Trägt man nun die nach beiden Methoden erhaltenen  $P_2O_5$ -Vorratswerte in das Koordinatensystem ein, so gelangt man zu einer graphischen Darstellung, die sich von der in Ihrem Besitz befindlichen nur dadurch unterscheidet, daß die nach der Gefäß-Methode erhaltenen Werte nicht in kg  $P_2O_5$ /ha mit der Grenzlinie 350 kg, sondern in mg  $P_2O_5$  je 100 g Boden mit dem Grenzwert 10,5 eingezeichnet sind. Aus dieser graphischen Darstellung ergibt sich für die Treffsicherheit unseres Verfahrens folgendes Bild:

- a) Links der Bedürftigkeitsgrenze des Gefäßversuchs befinden sich 99 Böden. Diese liegen sämtlich auch unterhalb unseres Grenzwertes von 50 kg  $P_2O_5$ /ha. Es sind somit sämtliche Böden, die beim Gefäßversuch als düngebedürftig ermittelt wurden, auch nach unserem Verfahren als  $P_2O_5$ -bedürftig erkannt worden. Diese vorzügliche Übereinstimmung zwischen beiden Methoden im



$P_2O_5$ -bedürftigen Gebiet ist für uns die erfreulichste Feststellung dieser Gemeinschaftsarbeit.

- b) Rechts der Bedürftigkeitsgrenze des Gefäßversuchs, also im nicht düngedürftigen Gebiet, liegen 25 Böden. Von diesen befinden sich 15 oberhalb und 8 unterhalb unseres Grenzwertes. Die Übereinstimmung beträgt hier nur 65,2 %.
- c) Insgesamt ist somit bei  $99 + 15 = 114$  von 122 untersuchten Böden, also in 93,4 % aller Fälle, eine Übereinstimmung zwischen den nach der Gefäß-Methode und den nach unserer Schnellmethode erhaltenen Ergebnissen auf der Basis des „direkt verwertbaren  $P_2O_5$ -Vorrats“ erzielt worden.
- d) Die Anzahl der in den beiden restlichen Rechtecken (rechts unten und links oben) liegenden, also als unsicher ausscheidenden Böden, beträgt nur 8 von insgesamt  $122 = 6,6$  %. Es handelt sich dabei um die vier Böden 51, 60, 71 und 102, bei denen nach sämtlichen 26 methodischen Vergleichen sich das Gegenteil des Gefäßversuchsbefundes ergab, sowie um die Böden 24, 55, 95 und 116, bei denen nur zwei bis drei Methoden Ergebnisse lieferten, die mit dem Gefäßversuch in Einklang stehen.

*de Vries:* Man muß sich darüber klar sein, daß ein Grenzwert nur für denjenigen nötig ist, der die Beratung mit Zahlen machen will. Wir geben keine Beratung mit Zahlen, sondern wenden nur Gradunterschiede an: Ein Boden ist wahrscheinlich bedürftig, man soll ihm eine gewöhnliche oder gesteigerte Düngergabe geben usw.

*Niklas:* Ich unterstreiche das, was *Mitscherlich* früher gesagt hat, daß wir nämlich bei unseren Vergleichen feststellen können, daß fast sämtliche Methoden die sehr armen und sehr reichen Böden gut erfassen, nur die mittleren Gruppen schwanken. Ich bin schon lange der Ansicht, daß drei Beurteilungsstufen genügen, und zwar arm, mittel und reich. Dann sehen wir auch, daß wir die sehr armen und sehr reichen Böden heute schon mit Schnellmethoden sehr gut erkennen können. Ich glaube, wir brauchen uns nicht auf eine einzige Methode zu einigen, das können wir im Laufe der Zeit immer noch tun. Wir werden weiter kommen und dem Ziel näher, wenn wir mehrere Methoden anwenden und die Beurteilung nach wenig Stufen geben. Wir müssen dies tun, denn die Landwirtschaft will ihre Beratung haben. Ich habe schon öfters darauf hingewiesen, daß ein grundsätzlicher Unterschied zwischen aufnehmbaren Nährstoffen und Düngerwirkung besteht. Es gilt dies besonders für schwere Böden. Hier ist es zweifellos richtig, eine Methode zu bevorzugen, die einen tieferen Einblick gibt, die für längere Jahre voraussagt, und die schließlich auch die Düngerwirkung angibt. Darum bin ich für den Gefäßversuch eingetreten. Ich stehe auf dem Standpunkt, daß wir zum endgültigen Ziel nur dann kommen, wenn die Bodenuntersuchung auch zum Mikrodüngungsversuch übergeht und so die Düngerwirkung feststellt. Hier ist der Gefäßversuch unbedingt richtungweisend. Wir gehen bei der *Aspergillus*-Methode dieser Frage auch eingehend nach. Ich werde die Böden von *Mitscherlich* auch noch nach dem Prinzip des Düngungsversuches durcharbeiten und glaube, daß hier eine gute Übereinstimmung erzielt werden wird.



Wir müssen klar sehen und ruhig und sachlich weiterarbeiten. Die moderne Bodenuntersuchung hat durch den Übergang von den starken Säuren zu den schwachen und zu den auf pflanzenphysiologischer Grundlage aufgebauten Methoden viel geleistet. Der Gefäßversuch ist außerordentlich vervollkommenet worden und hat u. a. den großen Vorteil gegenüber dem Feldversuch, daß man auf Jahre hinaus etwas über den Nährstoffzustand des untersuchten Bodens sagen kann. In dem Feldversuch sehe ich die letzte Instanz und halte ihn für außerordentlich wichtig, wenn bei seiner Auswertung all die Momente berücksichtigt werden, von denen hier schon so oft gesprochen wurde.

Unser Vorgehen auf Grund der bis jetzt erzielten Resultate denke ich mir so:

1. die verschiedenen Untersuchungsmethoden werden untereinander verglichen;
2. die einzelnen Methoden werden in ihren Ergebnissen dem Gefäßversuch gegenübergestellt, um so die pflanzenphysiologische Seite weitgehend in die Beurteilung hineinzuziehen;
3. alle Methoden werden mit den Ergebnissen der Feldversuche verglichen und damit der Anschluß an die Praxis gewonnen.

Wenn wir den Feldversuch hinzuziehen, dürfen wir die Zahlen der anderen Methoden nicht kritiklos mit denen der Feldversuchsergebnisse vergleichen. Man muß genau den bodenkundlichen Verhältnissen nachgehen, muß u. a. auch Krumentiefe und Untergrund zur Beurteilung heranziehen. Es ist sehr schade, daß wir den Feldversuch wegen der damit verbundenen Schwierigkeiten und Unkosten nur beschränkt durchführen können, denn er bedeutet für uns den wirklichen Anschluß an die Praxis.

*Keller:* Wäre es nicht möglich, daß wir vom Theoretischen zum Praktischen übergehen und einige Böden wenigstens herausgreifen, um die damit durch die einzelnen Methoden erzielten Ergebnisse einer näheren Betrachtung zu unterziehen? Wir würden hier doch sicher Hinweise finden, warum die eine oder andere Methode bei diesem oder jenem Boden abweichende Resultate bringen muß.

*Franck:* *Niklas* hat gesagt, daß die armen und reichen Böden gut erfaßt werden. Wenn ich noch einmal auf das Diagramm von vorhin zurückkomme, so möchte ich sagen, daß man nach beiden Seiten einen Schwankungsbereich eintragen muß.

*Niklas:* Ich habe neulich darauf hingewiesen, daß in Budapest seinerzeit darüber beschlossen worden ist, welche Methoden international anerkannt werden und welche nicht. Ich halte es für sehr wertvoll, daß wir noch einige weitere Methoden heranziehen. Ich denke da an die von *König/Hasenbäumer* und von *Lemmermann*; außerdem noch an den Salzsäureextrakt und evtl. an die Bauschanalyse. Ich bin bereit, hieran auch mitzuarbeiten. Auch die *Kawe*-Methode müßte man noch heranziehen.

*Mitscherlich:* Die Methode *König/Hasenbäumer* ist bereits mit erfaßt durch *Balks*. Es fehlen da nur einige Umrechnungen; ebenso kann man die Ergebnisse nach *Lemmermann* berechnen.

*Giesecke:* Wenn wir schon dazu übergehen, neue Methoden heranzuziehen, dann sollte man auch die Ultrafiltration nach *Köttgen* mit einbegreifen, die insbesondere für Phosphorsäure ganz ausgezeichnete Resultate geliefert hat; ebenso müßte man die Methode *Mattson* noch weitgehend heranziehen, desgleichen auch die Methode *Karve*.

*Mitscherlich:* *Köttgen* war zur Mitarbeit aufgefordert, es fehlten ihm aber die nötigen Mittel.

Auf Wunsch der Versammlung soll die Verarbeitung der Ergebnisse von *Kühn* den Teilnehmern bekanntgegeben werden (siehe Anhang S. 168).

*Mitscherlich:* Die Durcharbeitung der vorliegenden Ergebnisse und der Vergleich der einzelnen Methoden gegeneinander erscheint mir nach allem noch nicht möglich zu sein, da die einzelnen Herren noch nicht die genügende Zeit fanden, sich mit dem Material zu beschäftigen.

*Arrhenius:* Ich halte es für wichtig, auch die physikalischen Eigenschaften der Böden mitzuerfassen, außerdem Reaktion, Humusgehalt usw. Wir werden versuchen, auch in der Hinsicht die Böden in Gruppen einzuteilen, damit man daraus unter Umständen gewisse Schlüsse ziehen kann.

*Niklas:* Ich halte diese physikalischen Untersuchungen auch für sehr wichtig. Schon die Fingerprobe kann unter Umständen viel aussagen. Dann erscheint mir die Titrationsmethode von *Zucker* sehr zweckmäßig. Ich wäre auch bereit, die Böden mit dem *Kopecky*/Schlamm-Apparat zu untersuchen.

*Zucker:* Ich halte die *Kopecky*-Methode für zu umständlich und langwierig.

*Alten:* Wir könnten die Böden nach der Pipett-Methode untersuchen.

### Schlüsse und Beschlüsse.

*Mitscherlich:* Wir sind nun so weit gekommen, daß wir unser weiteres Programm entwickeln können. Ich bitte *de Vries*, dazu das Wort zu nehmen.

*de Vries:* Ich habe mir auf Vorschlag des Vorsitzenden eine kleine Aufstellung in dieser Hinsicht gemacht. Ich möchte vorschlagen, daß wir unsere Weiterarbeit in mehrere Abschnitte untergliedern. Erstens wäre zu überlegen, was mit dem vorliegenden reichen Zahlenmaterial weiterhin geschehen soll.

1. Es wird wohl von allen als sehr begrüßenswert empfunden, daß *Astrand* sich bereit erklärt hat, die Korrelationszahlen für Phosphorsäure zu ergänzen und für Kali vollständig neu zu berechnen.

*Astrand* erklärt sich dazu bereit und die Versammlung gibt durch Beifall ihre Zustimmung und Dank zu erkennen.

2. Haben wir vernommen, daß bereits eine weitere Gemeinschaftsarbeit zum Studium des Gefäßversuches nach *Mitscherlich* unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen läuft. Es beteiligen sich



daran *Stewart, Franck, Scurti, v. Boguslawski, Sauerlandt* und *Mitscherlich*. Dieser weitere Ausbau und diese Nachprüfung des Gefäßversuches ist sehr zu begrüßen. Ich bitte *Mitscherlich*, die erzielten Ergebnisse zur gegebenen Zeit den einzelnen Teilnehmern mitzuteilen.

5. Wir kommen nun weiter zu den Feldversuchsergebnaten. Hier ist unser vorgesehene Programm etwas aus der Reihe geraten. Es war damals vereinbart worden, daß die zu untersuchenden Proben aus richtig angelegten Feldversuchen entstammen sollten, von denen alle Zahlen mitgeteilt werden sollten. Das ist aber leider nicht überall der Fall gewesen. Hier fehlt uns nun das wichtigste Moment, die Vergleichsmöglichkeit mit der Praxis. Auch eine genügende Zusammenfassung der vorhandenen Feldversuchsergebnisse ist noch nicht erfolgt. Ich möchte *Arrhenius* bitten, doch seine Ergebnisse in wenigen, übersichtlichen Zahlen zusammenzufassen. Auch *Alten* hat uns sehr große Tabellen geschickt, aber es fehlt die Zusammenfassung, deren wir zum Einordnen der Ergebnisse unbedingt bedürfen.

*Alten*: Wir waren leider nicht über die einzelnen Bodenarten genügend orientiert. Wir sind natürlich gerne bereit, unsere einzelnen Daten ausführlich zu bearbeiten und zusammenzufassen. Das war uns vorher nicht möglich.

*de Vries*: Es ist sehr wertvoll, daß jeder der Herren sein Material genau auswertet und auch der Frage genau nachgeht, was er aus dem Feldversuch folgert. Es ist doch sehr interessant, festzustellen, inwieweit die Voraussagen aus den Analysen tatsächlich zutreffen.

*Mitscherlich*: Ich muß noch einmal das Wort zum Feldversuch nehmen. Der Feldversuch als Dauerdüngungsversuch hat sich bei uns durch die Überdüngung, die infolge der dauernden Anwendung hoher Nährstoffmengen erfolgt, nicht bewährt. Wir kamen zu starken Ertragsdepressionen. Man muß auf diese Möglichkeiten genau achten, da man sonst leicht zu Trugschlüssen kommen kann. Es ist deshalb richtiger, Dauerdüngungsversuche nicht immer an derselben Stelle des Schlags durchzuführen, sondern in jedem Jahr ein Stück weiterzugehen.

*Arrhenius*: Ich erkläre mich bereit, die Zusammenfassung sämtlicher Feldversuchsergebnisse zu übernehmen. Ich glaube, daß wir hier bereits 40 bis 50 Feldversuchsergebnate vorliegen haben. Vielleicht sind noch einige der Herren da, die ihre Daten noch nicht eingeschickt haben. Ich werde alles genau durchgehen und den Vergleich zwischen den Feldversuchsergebnissen und denen der anderen Methoden zusammenstellen.

*Mitscherlich*: Ich wäre *Arrhenius* sehr dankbar, wenn er auch das Feldversuchsmaterial von *Alten* übernehme. Wir werden ihm dann auch alle sonstigen Feldversuchsergebnisse zuleiten.

*Niklas*: Ich möchte vorschlagen, daß zu den einzelnen Feldversuchen auch eine Beschreibung des Bodenprofils eingesandt wird.

*de Vries*: Wenn *Arrhenius* die Verarbeitung der Feldversuche übernehmen will, so soll er sich mit speziellen Anfragen auch unmittelbar

an die einzelnen Teilnehmer wenden können. Es kann vorkommen, daß noch irgend welche Untersuchungen u. dergl. gemacht werden müssen. Da ist der unmittelbare Verkehr rascher.

*Bamberg:* Ich möchte vorschlagen, daß in Zukunft bei Einsendung der Bodenproben auch eine genaue Bezeichnung der Bodentypen erfolgt. Es wäre auch wünschenswert, wenn gleichzeitig eine Untergrundprobe mitgeschickt würde, weil ja auch im Feldversuch der Untergrund mitspielt, und wir doch nachher vergleichen wollen. Es wäre auch sehr wichtig, die im Gefäßversuch von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffmengen zu untersuchen.

*Mitscherlich:* Wer soll das Geld für alle diese Untersuchungen aufbringen?

*de Vries:* Wir kommen nun zur Besprechung der Frage, ob es möglich ist, daß jeder Einsender eines Bodens angibt, wie seine Beratung für denselben lautet, und welchen Standpunkt er für die Praxis vertritt. Dies sollte auch bei den bereits untersuchten Proben geschehen, was aber nicht der Fall war. In meinen Daten habe ich zusammengefaßt, wie meine Beratungen lauten würden, auch *Allen* hat dies angegeben; man möchte das aber von allen Instituten hören.

*Mitscherlich:* Es ließe sich so machen, daß ich an die einzelnen Mitarbeiter schreibe und sie um Mitteilung bitte, wie ihre Beratung auf Grund der gefundenen Werte lautet. Das Material werde ich dann hier sammeln.

*de Vries:* Wenn hierzu keine Fragen mehr vorliegen, können wir weitergehen und uns darüber unterhalten, was mit dem vorliegenden Material noch geschehen soll. Mir scheint wichtig, auch auf das nähere Studium der einzelnen Methoden einzugehen. Ich möchte nun

4. vorschlagen, einzelne Methoden, wie z. B. die Säuremethoden, dazu auch *Aspergillus*, genauer zu studieren. Dazu darf man dann nicht nur die Zahlen heranziehen, die man auf die übliche Weise bekommt, sondern man muß Totalanalysen der Extrakte durchführen, die sich neben pH und Trockensubstanz auch auf Aluminium, Eisen, Magnesium usw. erstrecken. Sodann muß unbedingt das End-pH bei den einzelnen Methoden genau erfaßt und für verschiedene Bodentypen verglichen werden, so daß man weiß, ob nur Unterschiede im End-pH die Resultate bedingen oder andere Faktoren wie Einfluß gelöster Kalkverbindungen, Komplexbildung usw.

*Mitscherlich:* Zum Teil liegen derartige Untersuchungen schon vor. Soviel ich weiß, liegt die Eisenbestimmung vollständig für alle Böden vor, auch Kalk, Mangan und Stickstoff liegen zum Teil vor. Es wird schwer fallen, diese Arbeiten noch durchzuführen.

*v. Boguslawski:* *Kirssanoff* z. B. hat die Eisenbestimmung durchgeführt. *de Vries* meint aber, glaube ich, daß die verschiedenen Extrakte auf die einzelnen Elemente untersucht werden sollen.



*Mitscherlich:* Das bedeutet eine Wiederholung der ganzen Analysen. Wir haben auch nicht mehr genügend Material. Schließlich würden unsere Mittel dadurch außerordentlich stark in Anspruch genommen.

*de Vries:* Mir scheint es wichtig, einmal das End-pH festzustellen, was im allgemeinen nicht geschieht. Dann müssen wir wissen, was bei den einzelnen Methoden noch für Umsetzungen stattfinden, und wie die Unterschiede z. B. zwischen Zitronensäure und Milchsäure sind, so daß wir bewußt und mit Kenntnis der Sachlage eine Wahl treffen können.

*Niklas:* Bei wissenschaftlichen Untersuchungen stellen wir das End-pH häufiger fest; für die Praxis nicht.

*de Vries:* Es wäre auch zweckmäßig, bei der Aspergillus-Methode zu untersuchen, ob noch andere Substanzen durch Zitronensäure allein gelöst werden.

*Niklas:* Die Nährstoffaufnahme durch den Pilz schafft ähnliche Zirkulationsverhältnisse der gelösten Stoffe, wie bei den höheren Pflanzen.

*Goy:* Ich halte es für zweckmäßig, wenn bei dieser Arbeit nicht nur die älteren Methoden herangezogen werden. Wir müssen auch laufend neue Methoden hinzunehmen, sowie solche herauskommen.

*Keller:* Was *de Vries* über den weiteren Ausbau unserer Untersuchungen sagt, scheint mir sehr wichtig. Wäre es aber in diesem Fall nicht notwendig, von den 120 Böden eine ganze Reihe untereinander ähnliche Böden auszuschalten? Man käme dann vielleicht nur auf 60 typische Böden.

*de Vries:* Wie stehen die Herren zu der Frage einer eingehenderen Untersuchung der Extrakte?

*Arrhenius:* Ich bin bereit, die vorgeschlagene Untersuchung für die Zitronensäuremethode zu übernehmen. Wir müssen uns nur darauf einigen, was wir untersuchen wollen. Da wir nun schon soviel Arbeit hier vorliegen haben, müssen wir die Sache auch weiterführen, um zu einer genaueren Beschreibung der Methoden zu kommen. Ich werde also End-pH bestimmen, Calcium, Magnesium, Eisen, Silicium, Aluminium, Totalbasen und Trockenrückstand. Im übrigen bin ich dafür, daß jeder seine eigene Methode genauer untersucht.

*Franck:* Ich bin bereit, dieselben Untersuchungen für die Milchsäure-Methode durchzuführen. Ich muß aber darauf aufmerksam machen, daß wir keine Bodenproben mehr haben.

*Mitscherlich:* Das ist mit die Hauptsache. Solange wir Böden haben, werde ich solche verschicken. Ich bitte die einzelnen Herren, mir mitzuteilen, was gebraucht wird.

*Niklas:* Ich bin natürlich an sich bereit, die Untersuchungen mit der Aspergillus-Methode durchzuführen. Aber letzten Endes sind diese Untersuchungen auch eine Geldfrage. Ich weiß nicht, wie ich die Sache finanzieren soll.

Gleichzeitig erkläre ich mich bereit, die Schlämmanalyse mit dem *Kopecky*-Apparat durchzuführen.

*Mitscherlich:* Ich werde dann diese Untersuchungen für die Kohlensäure übernehmen.

*de Vries:* Was die Finanzierung anbelangt, so könnten vielleicht die deutschen Herren Unterstützung durch den Forschungsdienst erlangen.

*Niklas:* Es wäre auch noch wichtig, den Gesamtstickstoff nach Kjeldahl zu bestimmen.

*de Vries:* Ich möchte *Niklas* fragen, ob es nicht auch zweckmäßig wäre, das *Aspergillus*myzel selbst zu analysieren?

*Niklas:* Ich bin gerne bereit, auch diese Untersuchung durchzuführen, falls mir die nötigen Mittel zur Verfügung stehen.

*Allen:* Wie ich schon früher sagte, bin ich bereit, die Böden nach der Pipett-Methode zu untersuchen.

*Sauerlandt:* Wäre nicht auch eine Gesamtkohlenstoffbestimmung zweckmäßig, um so das C/N-Verhältnis der Böden berechnen zu können?

*Zucker:* Wir haben in Ungarn 500 Feldversuche laufen, die auch gleichzeitig mit einer intensiven Bodenuntersuchung verbunden sind. Wir wollen dabei feststellen, welche Methoden für unsere Böden am besten geeignet sind. Zum Vergleich herangezogen sind folgende Methoden:

- |                       |                |
|-----------------------|----------------|
| 1. Azotobakter        | 4. Neubauer    |
| 2. <i>Aspergillus</i> | 5. Lemmermann. |
| 3. Sigmond            |                |

Die Feldversuche werden mehrere Jahre auf den gleichen Schlägen angestellt, aber nicht auf derselben Fläche. Wir rücken in jedem Jahr ein Stückchen weiter. An Versuchspflanzen sind angebaut:

- |           |               |
|-----------|---------------|
| 1. Hafer  | 4. Kartoffeln |
| 2. Weizen | 5. Rüben      |
| 3. Roggen |               |

Zur Untersuchung ziehen wir auch den Untergrund heran. Wir machen folgende Bestimmungen außer Kali- und Phosphorsäure:

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1. pH               | 5. Nitratstickstoff |
| 2. Kalkzustand      | 6. Gesamthumus      |
| 3. Bindigkeitszahl  | 7. Aktiver Humus.   |
| 4. Gesamtstickstoff |                     |

Wir haben auf diese Art eine große Reihe von Ergebnissen gewonnen, die natürlich noch nicht verarbeitet werden konnten. Es war mir leider auch nicht möglich, von diesen Böden Proben für die hiesigen Untersuchungen zur Verfügung zu stellen. Ich hoffe aber, daß mir dies in diesem Jahre oder im nächsten gelingen wird; jedenfalls werden wir unsere Ergebnisse publizieren und sie dann der Kommission zur Verfügung stellen. Wir haben schon einen gewissen Vergleich der Methoden anstellen können und haben dabei die folgende Übereinstimmung festgestellt:

für  $P_2O_5$  = 88 %  
für  $K_2O$  = 75 %



Gegenüber dem Feldversuch haben wir folgende Übereinstimmung erzielt:

1. Azotobakter	42 %
2. Sigmond	39 %
3. Neubauer	46 %
4. Lemmermann (hat versagt).	

Wir stellen bei allen Böden auch den Bodentyp fest. Alle Grenzzahlen haben wir verworfen!

Wir müssen unbedingt die örtlichen Faktoren zur Beratung hinzuziehen und von Fall zu Fall entscheiden.

*Keller:* Mich interessiert, welche Azotobakter-Methode Zucker angewandt hat.

*Zucker:* Wir haben dabei die Azotobakter-Methode von Niklas angewandt.

*Bambers:* Es ist natürlich sehr wichtig, daß bei jedem Boden eine genaue Bezeichnung des Bodentyps mitgegeben wird.

*Keller:* Es gibt eben Methoden, die für bestimmte Böden gut und für andere gar nicht geeignet sind.

*Bambers:* *Mitscherlich* sagte vorhin, daß ihm die Mittel dazu fehlen, den bei den Gefäßversuchen geernteten Hafer zu analysieren. Ich bin gern bereit, diese Analysen kostenlos durchzuführen.

*Mitscherlich:* Wir haben leider das Material vom vorigen Jahr nicht aufgehoben. Um mit den 120 Böden die Versuche nochmals durchzuführen, reicht der Boden nicht aus.

*de Vries:* Wir sind also dabei, festzustellen, welche weiteren Untersuchungen wir noch durchführen wollen. Es haben sich da schon zwei Gemeinschaftsarbeiten gebildet. Die eine zur weiteren Nachprüfung des Gefäßversuches nach *Mitscherlich* unter verschiedenen klimatischen Bedingungen. Die zweite beschäftigt sich mit einer genaueren Kennzeichnung verschiedener Säuremethoden, wozu sich *Arrhenius*, *Franck*, *Niklas* und *Mitscherlich* angemeldet haben. Als

5. Punkt möchte ich nun eine dritte Gemeinschaftsarbeit vorschlagen, nämlich einen Vergleich von Gefäßversuch mit verwandten Methoden. Ich denke dabei an folgendes: Es müssen zuerst einige Bodentypen ermittelt werden, die dann nach allen Richtungen hin wissenschaftlich genauestens analysiert werden müssen. Den Gefäßversuch denke ich mir dann auch noch so durchgeführt, daß weniger Sand beigemischt wird; daß schließlich mit reinem Boden und auch noch mit im Boden eingegrabenen Töpfen ohne regelmäßiges Gießen gearbeitet wird. Wir müssen auf die einzelnen Untersuchungsmethoden und auf die Vorgänge, die sich dabei abspielen, genauer eingehen.

*Niklas:* Wir führen auch jährlich eine ganze Reihe von Gefäßversuchen durch, zumeist Schauversuche. Von einigen recht interessanten Bodenarten haben wir noch Proben vorrätig. Es würde mich freuen, wenn diese Proben auch nach der Gefäßmethode von *Mitscherlich* untersucht werden könnten.

*de Vries:* Es wäre sehr interessant, den ganzen Haushalt einiger Bodentypen studieren zu können. Der Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Methoden mit den tatsächlichen pflanzenphysiologischen Vorgängen wäre sehr interessant.

*Giesecke:* Man müßte auch das Boden-Sandmischungsverhältnis näher studieren und feststellen, welche Bodenmenge am zweckmäßigsten angewandt wird.

*de Vries:* Ich dachte auch an Gefäßversuche mit drei- bis viermal soviel Boden wie ihn *Mitscherlich* anwendet. Das Arbeiten mit größeren Zylindern und Kästen wäre sehr interessant. Es wird aber an der Kostenfrage scheitern, da die Transportkosten zu hoch sein werden.

*Dreyspring:* Wir sind gern bereit, bei etwa 20 Böden den genauen Vergleich zwischen der Gefäß-Methode, der Keimpflanzen-Methode und unserem Verfahren durchzuführen.

*Mitscherlich:* Ein unmittelbarer Vergleich der *Neubauer-* gegen die Gefäß-Methode ist eigentlich gar nicht durchführbar. Die *Neubauer-*pflanzen nehmen lediglich Nährstoffe aus dem Boden auf, während der Gefäßversuch Pflanzenerträge liefert. Wir haben über diese Frage schon häufig gearbeitet.

*de Vries:* Uns interessiert vor allem, was die Wurzel in einem und was sie im anderen Fall tut. Man kann sich natürlich darüber jetzt nicht abschließend einigen, es muß genau und ausführlich untersucht werden.

*Niklas:* Wir haben etwa 10 Böden verschiedener geologischer Formation im Gefäß untersucht. Wenn Wert darauf gelegt wird, bin ich gern bereit, diese Bodentypen nach Königsberg zu schicken, damit sie hier mittels des Gefäßversuches nach *Mitscherlich* untersucht werden können.

*Mitscherlich:* Ich bin gern bereit, die Untersuchung durchzuführen.

*v. Boguslawski:* Wir haben bezüglich des Kalihaushaltes an einer größeren Anzahl von Böden schon sehr genaue Untersuchungen angestellt. Es wurden dabei allerdings die meisten Bodenproben verbraucht. Die Böden waren von dem Kalisyndikat zur Verfügung gestellt. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn davon nochmals Proben geliefert werden könnten. Es handelt sich hier um die Böden 51 bis 67, also um 16 Böden.

*Alten:* Ich bin gern bereit, die Böden zu liefern, wenn die Möglichkeit dafür noch besteht.

*Dreyspring:* Es wäre zu erwägen, ob man zur Erzielung besserer Vergleichsmöglichkeiten beim Keimpflanzenversuch statt Roggen nicht auch Hafer verwenden sollte wie beim Gefäßversuch. Hafer äußerte nach früheren Keimpflanzenversuchen von uns die gleiche wurzellösende Kraft wie Winter-Roggen.

*Mitscherlich:* Wir müssen die *Neubauer-*Methode in der üblichen Form mit Roggen durchführen. Der Grund dafür, daß wir beim Gefäßversuch Hafer verwenden, ist der folgende: Roggen läßt sich wegen der Gefahr der Auswinterung schlecht anwenden. Weizen und Gerste leiden sehr stark unter Krankheitsbefall, insbesondere Meltau.



*Schmitt:* Wäre es nicht zweckmäßiger, für die neuen Untersuchungen nur Böden anzuwenden, auf denen gleichzeitig exakte Feldversuche laufen? Ich bin in der Lage, solche Böden in größerer Menge zur Verfügung zu stellen. Diese Böden können auch in genügender Menge für den Gefäßversuch geliefert werden. Ich bin im übrigen gerne bereit, mich an der Gemeinschaftsarbeit zu beteiligen.

*de Vries:* Wir werden in Groningen wahrscheinlich auch etwas tun können. Die Frage der Teilnahme an dieser dritten Gemeinschaftsarbeit und die der zu untersuchenden Böden müssen wir jetzt noch offen lassen.

6. Wir können also nunmehr zur Besprechung der Frage übergehen, was wir an zusätzlichen Bodenproben verwenden wollen. Ich halte es da für richtig, daß ausschließlich Bodenproben von Feldversuchen herangezogen werden.

*Mitscherlich:* Wir haben in diesem Jahre 1000 Bodenproben gesammelt, die alle von den Mitscherlichstationen nach der Gefäß-Methode untersucht sind. Ich habe die Absicht, diese Böden zu verschicken, um feststellen zu lassen, welche Schnellmethoden die beste Übereinstimmung mit dem Gefäßversuch zeigen. Ich habe ja gerade die Absicht, eine gute Schnellmethode zu finden, die den Gefäßversuch in den meisten Fällen ersetzen kann.

*Franck:* Ich möchte diese 1000 Böden nach der Laktat-Methode untersuchen.

*Dreyspring:* Wir sind ebenfalls bereit, diese 1000 Böden nach unserem Verfahren zu untersuchen.

*Mitscherlich:* Es würde mich interessieren, wie hoch sich etwa die Kosten belaufen bei der Laktat-Methode und bei der Methode nach *Dreyspring*?

*Franck:* Wir können am Tage etwa 100 Analysen ausführen. Die Kosten für eine Probe stellen sich auf etwa 12 Pf.

*Dreyspring:* Wir können täglich bis 60 Bodenproben auf alle drei Werte untersuchen, also insgesamt zirka 180  $P_2O_5$ -Analysen ausführen. In diesem Falle werden sich die Kosten (gut gerechnet) auf RM. 0.25 je Wert, also auf RM. 0.75 für die gesamte Phosphorsäure-Untersuchung stellen. Die alleinige Ermittlung der Werte a und b für den sofort verfügbaren  $P_2O_5$ -Vorrat würde also rund RM. 0.50 kosten.

*Mitscherlich:* Ist jemand bereit, die Böden nach der *Dirks-Scheffer*-Methode zu untersuchen? Wie hoch belaufen sich die Kosten je Untersuchung bei dieser Methode?

*Goy:* Ich will gerne einen Teil der Böden untersuchen, aber nicht alle. Für Phosphorsäure betragen die Kosten etwa RM. 1.—. Für Kali kann man hier nicht von einer Schnellmethode reden. Die Kosten für die Kalibestimmung würden etwa RM. 5.— betragen.

*Mitscherlich:* Wieviel Untersuchungen kann man pro Tag durchführen?

*Goy:* Ein Analytiker kann am Tage etwa 25 Phosphorsäurebestimmungen durchführen, Kalibestimmungen nur etwa 10.

*Mitscherlich:* Für Kali müssen wir noch nach neuen und besseren Methoden suchen. Die Korrelation ist bis jetzt recht schlecht.

*Niklas:* Ich kann vielleicht die 1000 Böden nach der Aspergillus-Methode auf Kali untersuchen. Es genügen dabei je 100 g Boden.

*Mitscherlich:* Ich möchte gern wissen, wieviel Boden die einzelnen Herren benötigen?

*Franck:* 200 g.

*Dreyspring:* 200 g.

*Niklas:* 100 g.

*de Vries:* Wir müssen uns jetzt darüber einigen, welche und wieviel Böden wir heranziehen wollen. Welche Bodentypen? Welche Institute sollen noch zur Arbeit herangezogen werden? Schließlich welche Untersuchungen sollen noch hinzukommen und welche wegfallen? *Schmitt* hat uns etwa 30 Böden angeboten. Um was für Böden handelt es sich dabei?

*Schmitt:* Der Reaktionsbereich dieser Böden schwankt zwischen pH 5 und pH 7. Es dreht sich um leichtere und mittlere Böden. An Bodentypen sind vertreten:

Sandböden  
Lößböden  
Tertiärböden.

*de Vries:* Man müßte von jedem Versuch zwei bis drei Proben nehmen; und zwar von einer ungedüngten Parzelle und dann von Parzellen mit gesteigerter Düngung.

*Schmitt:* Der gleichen Ansicht bin ich auch. Man muß von einem Versuch drei bis vier Proben mit gesteigerten Düngergaben liefern. Dabei auch Proben von überdüngten Parzellen.

*Bamberg:* Es wäre doch am zweckmäßigsten, einen genauen Fragebogen aufzustellen, in dem alles enthalten ist, was bei Einsendung einer Bodenprobe angegeben werden muß. Man kann ja sonst mit den Bodenproben gar nichts Rechtes anfangen.

*de Vries:* Darauf wurde auch schon im ersten Aufruf hingewiesen. Nur wurde von den meisten Teilnehmern dem nicht Folge geleistet. Wir müssen vereinbaren, daß die Böden nur dann an die einzelnen Teilnehmer weitergeleitet bzw. untersucht werden, wenn ihnen eine genaue ausreichende Beschreibung beigelegt ist.

*Arrhenius:* Es wird hier darüber gesprochen, wieviel Böden die einzelnen liefern können. Ich selbst werde etwa 40 bis 50 Bodenproben zu den gemeinschaftlichen Untersuchungen zur Verfügung stellen können.

*Giesecke:* Soweit wir exakte Feldversuche haben, bin ich selbstverständlich bereit, alle vorkommenden Bodenarten zur Verfügung zu stellen. Ich möchte aber darauf hinweisen, daß ich es nicht für ausreichend erachte, etwa nur schwedische und deutsche Böden zu diesen Untersuchungen heranzuziehen. Wir müssen auch möglichst viele außereuropäische Bodenproben — ich denke dabei an solche in Java, Indien, Afrika usw. — dazu heranziehen.



*Allen:* Es ist natürlich außerordentlich interessant, gerade auch die schweren Böden Javas heranzuziehen. Man kommt dabei bestimmt zu ganz neuen Tatsachen. Es werden sich ohne Zweifel auch große Schwierigkeiten einstellen. Aber gerade die letzteren sind ja zur Prüfung der Methodik nur erwünscht. Wenn man solche Unstimmigkeiten dann bis ins einzelne verfolgt, gewinnt man vielleicht sehr wertvolle Aufschlüsse. Ich bin gerne bereit, mich nach solchen Böden umzutun und sie möglichenfalls den Teilnehmern zur Verfügung zu stellen.

*de Vries:* Ich will unsere Versuchsstation in Java deswegen fragen. Gerade bei solchen Böden ist es von besonderer Bedeutung, daß auch gleichzeitig Feldversuche laufen.

*Mitscherlich:* Eine Anzahl von Honoluluböden haben wir ja bereits zu unserer Gemeinschaftsarbeit herangezogen.

*Giesecke:* Es ist grundsätzlich festzulegen, wie der Feldversuch angelegt sein muß, damit man ihn auch hinsichtlich seines Phosphorsäure- oder Kalibedürfnisses auswerten kann. Wir müssen genau angeben, von welchen Parzellen die Proben entnommen werden sollen. Es müssen vor allen Dingen Versuche sein, die ganz exakt durchgeführt sind.

*Mitscherlich:* Wenn wir die Parzellen dabei zu groß wählen, bekommen wir unter Umständen erhebliche Fehler durch die Bodenprobeentnahme.

*Giesecke:* Durch die Ausgleichsrechnung können wir ja bei der Feststellung der Erträge etwaige Unstimmigkeiten infolge von Bodenunterschieden weitgehend ausscheiden.

*de Vries:* Für unsere Zwecke sind Feldversuche am besten geeignet, bei denen mit gestaffelten Gaben eines Nährstoffes gearbeitet wurde.

*Niklas:* Ich kann vielleicht je einen Boden aus Indien und aus der Türkei beschaffen.

*Schmitt:* Ich möchte hier die Frage anschneiden, ob wir bei der Auswahl unserer Proben nicht auch Böden von Versuchen auf Wiesen, und überhaupt Grünlandflächen heranziehen sollen.

*de Vries:* An und für sich wäre das natürlich sehr zu begrüßen. Man hat dabei aber große Schwierigkeiten mit der Probeentnahme. Wir müssen doch immer daran denken, daß wir für unsere Untersuchungen ganz erhebliche Bodenmengen nötig haben.

*Burgevin:* Ich möchte darauf hinweisen, daß bei den untersuchten 120 Böden die  $\text{CaCO}_3$ -haltigen Typen nicht genügend vertreten sind und beantrage auch noch eine Serie  $\text{CaCO}_3$ -Böden vergleichend zu untersuchen.

*Stewart:* Ich kann ebenfalls eine Bodenart zur Verfügung stellen und bin auch bereit, auf diesem Boden einen Feldversuch durchzuführen; und zwar mit steigenden Phosphorsäuregaben.

*Mitscherlich:* Haben Sie zur Zeit keinen Feldversuch laufen?

*Stewart:* Es läuft ein Versuch mit verschiedenen Phosphatdüngern. Es ist aber keine Phosphorsäuresteigerung dabei.

*de Vries:* Ich schlage vor, daß *Mitscherlich* als Präsident einen Aufruf erläßt mit genauen Angaben, welche Böden gebraucht werden. Vielleicht kann auch deswegen in Rothamsted angefragt werden.

*Mitscherlich:* Wenn wir genügend Böden zusammen haben, ist noch die Frage zu klären, ob wir alle Methoden wiederum anwenden wollen.

*de Vries:* Ich sehe keinen Grund, warum man einzelne Methoden ausschließen soll. Wer mitarbeiten will, den soll man mitarbeiten lassen. Ich halte es sogar für gut, wenn möglichst viele Institute sich an der Arbeit beteiligen.

*Arrhenius:* Wenn wir zu wirklich vielsagenden Ergebnissen kommen wollen, müssen wir mindestens 400 bis 500 Böden zu unserer Gemeinschaftsarbeit heranziehen.

*Giesecke:* Ich habe schon darauf hingewiesen, daß wir verschiedene Methoden an 71 Bodenproben untersucht haben. Wir sind nun dazu übergegangen, 1000 weitere Proben von Böden, auf denen gleichzeitig Feldversuche laufen, nach vier Methoden zu untersuchen. Ich bin der Ansicht, daß selbst 1000 Böden zur wirklichen Klärung der uns beschäftigenden Fragen noch zu wenig sind. Deshalb möchte ich dringend raten, bei unserer Gemeinschaftsarbeit hier doch mindestens 500 Bodenproben heranzuziehen.

*de Vries:* Ich halte es für zweckmäßig, vor allem möglichst verschiedene Bodentypen auszusuchen. Es hat keinen Zweck, kleinere Landstriche, die in ihren Bodentypen keine erheblichen Unterschiede aufweisen, mengenmäßig gesehen, allzu ausführlich zu untersuchen. Ich halte es für zweckmäßiger, statt dessen von Feldversuchen, die auf verschiedenen Bodentypen angelegt sind, die  $K_2O$ - und  $P_2O_5$ -Staffeln zu untersuchen. Wenn wir dann pro Bodentyp sieben Proben rechnen — sie setzen sich zusammen aus der ungedüngten Parzelle und je drei Parzellen mit gesteigerter  $K_2O$  bzw. gesteigerter  $P_2O_5$ -Düngung —, so könnten wir etwa 70 Bodentypen untersuchen und hätten damit annähernd 500 Bodenproben.

7. Es wurde dann noch die Frage angeschnitten, wie wir uns gegenüber neuen Methoden verhalten sollen.

*Goy:* Ich bin dafür, daß wir neue Methoden bei ihrem Erscheinen gleich hinzunehmen.

*Mitscherlich:* Ich stimme *Goy* zu.

*de Vries:* Ich denke dabei hauptsächlich an Methoden, die heute bereits bestehen, aber weniger an solche, die sich im Laufe der Zeit noch entwickeln werden.

*Niklas:* Ich halte es für richtig, daß auch andere schwierigere Methoden herangezogen werden, nicht nur Schnellmethoden. Vor allen Dingen müssen wir auch möglichst viele Auslandsböden dazunehmen.

*Ekman:* Wenn hier eine so außerordentlich große Arbeit geleistet werden soll, so halte ich es für dringend notwendig, auch überall Untergrundproben, wenn auch nur in geringerer Menge, mitzuuntersuchen, denn dadurch gewinnen wir ja erst den genügenden Überblick und



können dann tatsächlich unsere Laboratoriumsmethoden gegen den Feldversuch vergleichen.

*de Vries*: Der Vorschlag von *Ekman* ist unbedingt richtig.

8. Der Untergrund braucht natürlich nicht nach allen Methoden untersucht zu werden. Es genügt, wenn in allgemeiner Weise festgestellt ist, welchen Einfluß er ungefähr für die Ernährung der Pflanze haben wird. Es wäre vielleicht zweckmäßig, wenn ein Institut mit diesen Untergrundsuntersuchungen betraut würde.

*Mitscherlich*: Man muß dann auch die Frage klären, bis zu welcher Tiefe man die Proben aus dem Untergrund nehmen soll.

*Niklas*: Man muß sich dabei nach der Art der Kulturpflanzen und der Beschaffenheit des Profils richten.

*Mitscherlich*: Das ist natürlich keine feste Grenze. Es wird deshalb gut sein, wenn jeweils die Tiefe des Krümmenbodens angegeben wird, und ebenso die Tiefe, bis zu der die Untergrundsprobe entnommen wurde.

*Stewart*: Wäre es nicht angebracht, den Klimaversuch, den wir in diesem Jahre mit reinem Sand begonnen haben, im nächsten Jahre mit verschiedenen Böden weiterzuführen?

*Mitscherlich*: Das ließe sich wohl machen. Wir müssen wissen, wieviel Bodenarten wir dazu nehmen können bzw. wieviel Gefäße der einzelne dazu frei hat.

*Stewart*: Ich werde mich jedenfalls an diesen Versuchen wieder gern beteiligen. Ich könnte vier Böden ansetzen. Das sind dann  $4 \times 10 = 40$  Gefäße. Ich würde dann gern einen schottischen Boden nehmen, von dem ich genügende Proben den übrigen Versuchsanstellern zuschicken werde. Die drei übrigen Böden kann man aus anderen Gegenden nehmen.

*Goy*: Es ist gut, wenn jeder Mitarbeiter bei seiner bisherigen Methode bleibt. Ich selbst bin bereit, auch weiterhin mitzutun.

*Mitscherlich*: Ich halte das auch für das Richtige.

*v. Boguslawski*: Ich möchte vorschlagen, auch physikalische Methoden in größerem Umfange heranzuziehen. Es wäre dies auch sehr zweckmäßig zur genauen Kennzeichnung der verschiedenen Bodenarten. Ich denke dabei u. a. an folgende Bestimmungen:

1. Humusgehalt
2. Sandgehalt und Dispersitätsgrad
3. Sättigungsgrad.

*Mitscherlich*: Es wird natürlich schwierig sein, diese ganzen Untersuchungen für alle Böden durchzuführen.

*de Vries*: Soweit ich Böden untersucht habe, sind auch diese physikalischen Momente bereits erfaßt; wir werden dies auch in Zukunft durchführen.

9. Ich möchte nun noch vorschlagen, in den verschiedenen Ländern anzufragen, welche Bodenuntersuchungsmethoden angewandt werden. Es wäre doch sehr interessant, einmal festzustellen, wie es mit der Verbreitung der einzelnen Methoden, so z. B. mit der Neu-

*bauer*-Methode aussieht. Da allgemein zugestimmt wird, wird *Mitscherlich* wohl die Klärung dieser Frage übernehmen wollen und dazu das nötige tun?

*Mitscherlich*: Dazu bin ich gerne bereit.

*de Vries*: Wenn keine weiteren Anträge betreffs der wissenschaftlichen Arbeiten vorliegen, wären noch einige organisatorische Fragen zu regeln.

10. Die Geschäftsführung:

Ich möchte da vorschlagen, daß *Mitscherlich* die Geschäftsführung weiter übernimmt.

*Mitscherlich*: Wenn es allgemeiner Wunsch ist, will ich es natürlich tun. Ich trete mein Amt aber auch gerne ab, da es mir ja nur um die Sache zu tun ist.

*de Vries*: Es muß aber jeder stets Klarheit lassen über seine Arbeit und dem Vorsitzenden mitteilen, was er tut, damit Doppelarbeit vermieden wird. Der Vorsitzende muß dann durch Rundschreiben die Allgemeinheit über die in Angriff genommene Arbeit unterrichten.

11. Letzter Termin der Einsendung der neuen Ergebnisse. Ich muß hierzu bemerken, daß uns allen diesmal die Ergebnisse viel zu spät zugegangen sind, als daß der einzelne sie noch genügend verarbeiten konnte. In Zukunft müssen die Ergebnisse ein halbes Jahr vor einer neuen Sitzung den einzelnen Teilnehmern zugeschickt sein.

*Mitscherlich*: Ich bin mir darüber im klaren, daß unsere Ausarbeitungen den Mitarbeitern zu spät zugegangen sind. Das lag aber nicht an mir, denn ich kann die Ergebnisse nicht eher zusammenstellen und weiterschicken, als ich sie selbst in Händen habe. Wenn wir in Zukunft die Ergebnisse früher verschicken wollen, so ist dies in erster Linie Sache der Selbstdisziplin des einzelnen. Es wäre auch zweckmäßig, wenn jeder Mitarbeiter seine Ergebnisse gleich selbst hektographieren ließe und mir etwa 60 Hektogramme zuschickte. Das würde die Arbeit erleichtern und beschleunigen.

*de Vries*: Wir müssen eben einen bestimmten Termin festsetzen und diesen unter allen Umständen einhalten. Ich glaube, es wäre dann richtig, gegen Nachzügler rigoros vorzugehen. Resultate, die zum bestimmten Termin nicht eingelaufen sind, sollten nicht mit berücksichtigt werden.

*Mitscherlich*: Wir müssen immerhin berücksichtigen, daß die Mitarbeit des einzelnen freiwillig ist. Ich für meine Person möchte lieber nochmals an die Selbstdisziplin des einzelnen appellieren.

*Giesecke*: Ich vertrete denselben Standpunkt wie *de Vries*. Es muß ein Termin festgesetzt und rücksichtslos eingehalten werden.

*de Vries*:

12. Es ist nun noch die Frage, wann wir wieder zusammenkommen. Ich möchte vorschlagen, daß wir uns 1939 in Stockholm anläßlich der Tagung der 4. Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft wiedersehen.



*Alten:* Ich glaube, daß alle damit einverstanden sind. Als letzten Termin für die Einsendung der Ergebnisse möchte ich den 1. Oktober 1938 vorschlagen, damit wir das Jahr 1938 als Vegetationsjahr noch ausnutzen können.

*Arrhenius:* Es ist nur noch die Frage, ob wir vor der allgemeinen Tagung oder nachher unsere Sitzungen in Stockholm abhalten wollen. Unsere Tagung während der Tage der allgemeinen Sitzungen abzuhalten, ist zu anstrengend.

*Mitscherlich:* Ich bin dafür, daß wir uns vorher treffen. Wir können dann unsere etwaigen Beschlüsse der IV. Kommission unserer Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft gleich vortragen.

Allgemeine Zustimmung.

## Bericht

### über die gesellschaftlichen Veranstaltungen gelegentlich der Tagung.

Neben der ernsten Facharbeit ist den Teilnehmern (Bild 0) durch die ausgezeichnete Programmsetzung des Vorsitzenden sehr viel Gelegenheit geboten worden, sich gegenseitig kennenzulernen und näherzukommen und dabei noch einen ganz hervorragenden Einblick in die so zahlreichen und interessanten Schönheiten landschaftlicher Art und historisch bedeutungsvollen Sehenswürdigkeiten von Ostpreußen zu bekommen. Es kann dabei die große Mühe, die sich der Vorsitzende, Prof. *Mitscherlich*, geben mußte, um ein derartig umfangreiches und ausgewähltes Programm möglich zu machen, nicht hoch genug betont werden. Er hat den Teilnehmern nicht nur das Interessanteste, was es in Ostpreußen gibt, zugänglich gemacht, sondern er hat es auch fertig bekommen, von allen möglichen Stellen her die Mittel zusammenzubekommen, um den Teilnehmern alle Ausflüge kostenlos zu bieten. Neben Prof. *Mitscherlich*, dem der uneingeschränkte Dank und Beifall aller Teilnehmer für seine große Leistung auch auf diesem Gebiete wurde, ist das Gelingen all dieser Veranstaltungen auch dem Oberpräsidenten der Provinz und dem Oberbürgermeister der Stadt Königsberg zu danken.

An Veranstaltungen innerhalb des Ortes sind zu nennen der Begrüßungsabend am 12. Juli und die Einladung der Stadt zur Besichtigung der Sehenswürdigkeiten und zu einem geselligen Beisammensein in den schönen Räumen der Stadthalle. Durch eine Hafenrundfahrt (Bild 1 u. 2) wurde den auswärtigen Gästen die Bedeutung von Königsberg als Hafenstadt vor Augen geführt. Besucht wurden die geräumigen und zahlreichen Hafenbecken mit den modernen Speichieranlagen und Silos, welche einmal für den Umschlagverkehr mit den östlichen Ländern sowie auch für den Verkehr mit dem durch den polnischen Korridor abgetrennten Heimatlande dienen. Weiterhin wurde der vom Deutschen Orden erbaute gewaltige Dom mit seinen reichen Kunstschatzen und den Grabstätten verschiedener Ordensmeister und Fürsten des Ordenslandes besucht, ferner auch das Kantgrab und die *Kant* geweihte Erinnerungsstätte sowie das alte Ordensschloß, insbesondere die jetzt wiederhergestellten Räume aus der Ritterzeit. Ganz besonders interessierte dabei die Silberbibliothek, eine Sammlung alter, wertvoller Schriften in kostbaren Einbänden. Eine Rundfahrt durch die Stadt zeigte die erst in neuerer Zeit entstandenen wunderschönen Grünanlagen, wie sie in ganz modernem Gewande und nach modernen Plänen angelegt, vom Mittelpunkt der Stadt, dem Schloß, ausgehend, die ganze Stadt durchziehen und Königsberg eine Sonderstellung als eine der Städte mit den schön-



sten Grünanlagen sichern. Am Abend vereinte dann eine Einladung der Stadt zu einem schlichten Imbiß die Teilnehmer noch längere Zeit, wobei neben der üblichen Begrüßungsrede auch der gemütliche Teil zu Recht kam und ein gemeinsames Band um alle schlang, die aus den verschiedensten Ländern — sogar ein Teilnehmer aus China war dabei — herbeigekommen waren. An einem anderen Nachmittag wurde die Vegetationsanlage (Bild 3—5) des Pflanzenbauinstituts und des Versuchsfeldes Lawnsken gezeigt, wodurch die Besucher einen tiefen Einblick in die Forschungsergebnisse und die wissenschaftliche Arbeit und Planung von Prof. Mitscherlich und seiner Schule erhielten. — Weiterhin vereinigte auch der liebenswürdige Leiter der Tagung, Prof. Mitscherlich, die Teilnehmer in seiner behaglichen Häuslichkeit zu gemütlichem Beisammensein.

Wurde so den Teilnehmern die Stadt Königsberg gezeigt und immer wieder Gelegenheit geboten, sich außerhalb der Sitzungen zu Aussprache und Kennenlernen zu vereinigen, so gab eine Reihe von Ausflügen durch Ostpreußens schöne Gaue ein Bild von der Landschaft dieses gesegneten Landes. Der erste Ausflug galt der Steilküste (Bild 6) des Samlandes, einem landschaftlich wundervoll gelegenen bewaldeten Küstenstrich der Ostsee. Der Gang von Georgenswalde bis Warnicken mit seinem herrlichen Ausblick auf die See von hochgelegener Küste gehört mit zum Schönsten, was idyllische Landschaft bieten kann. — Eine Tagesfahrt führte weiterhin die Teilnehmer zur Kurischen Nehrung, einem einsamen, weltentrückt gelegenen schmalen Landstreifen zwischen Haff und See mit seinen weltberühmten Wanderdünen. Nach schöner Dampferfahrt bei klarem blauen Himmel durch die Fluten des Kurischen Haffes zeigte uns Rossitten seine weltberühmte Vogelwarte, in deren Museum die Teilnehmer einen Einblick erhielten in das Wesen des Vogelzuges. Dann ging die Fahrt durch das Elchrevier (Bild 7), vorbei an einer Ortschaft, welche vor Jahrhunderten die wandernde Düne verschlungen und erst nach langer Bedeckung beim Weiterwandern wieder freigegeben hat. Nach manchem Kreuz und Quer durch die einsame Forst gelang es auch, den Elch zu Gesicht zu bekommen. Elche sind ja auf deutschem Boden nur noch in dem nordöstlichen Zipfel Ostpreußens anzutreffen, sie zeigen sich auch nicht jedem, der diese Riesen der Urzeit gern sehen möchte, so daß auch hier die Fahrtteilnehmer von besonderem Glück sagen konnten. Weiter ging dann die Fahrt zur Segelfliegerschule auf dem schwarzen Berge, einer festgelegten Düne, dicht neben der deutschen Wüste am Meer, den wandernden hohen Sanddünen der Nehrung. Diese Wanderdünen, die reiner Sand sind und kein Leben auf sich dulden, werden absichtlich in ihrem Naturzustand belassen und stehen daher unter Naturschutz.

Eine weitere, den Abschluß der Tagung bildende Fahrt führte die Teilnehmer als Gäste des Herrn Oberpräsidenten der Provinz durch einen großen Teil von Ostpreußen, durch Masuren und das Oberland zur hochragenden Marienburg, der Ausgangsstätte des Deutschtums im Osten. Die Fahrt führte zunächst nach Allenstein mit seinem schönen Stadtbild, der alten Ordensburg an der Alle und seinem architektonisch schönen neuen Rathaus. Von dort ging die Fahrt weiter an masurischen Seen vorbei nach dem im Kriege vollständig zerstörten und bald mustergültig wieder aufgebauten Hohenstein und dem benachbarten Tannenberg-

denkmal, der Grabstätte von *Hindenburg*. Es traf sich glücklich, daß das Denkmal auch im Innern und mit der Grabstätte von *Hindenburg* und seiner Gattin gerade fertig geworden war, so daß die gewaltige Denkmalsanlage für die Teilnehmer von unvergeßlicher Wirkung war. Dann zeigte das Relief der Schlacht, eine äußerst komplizierte und kunstvolle Anlage, an verschiedenfarbig aufleuchtenden Lampen die einzelnen Phasen der Schlacht mit den deutschen Umfassungsmanövern und dem allmählichen Erlöschen der russischen Armeen, den für die Russen so vernichtenden Ausgang des großen Schlachtendramas. Weiter ging es dann über das Schlachtfeld der Tannenbergschlacht mit seinen vielen Heldenfriedhöfen vorbei an historischen Stätten jenes großen Geschehens, der zerschossenen Brücke von Waplit, dem Gedenkstein auf der damaligen Befehlsstelle Hindenburgs in Frögenau, dem Ort Tannenberg, der Stätte der früheren zwischen dem Orden und den Polen und Litauern ausgekämpften Tannenbergschlacht, auf dem Wege, den *Hindenburg* auf seiner letzten Fahrt gemacht hat, nach dem Schloß Neudeck, dem Wohnsitz und der Sterbestätte Hindenburgs. Von hier aus ging es weiter durch das schöne, fruchtbare Oberland mit seinen Seen und Wäldern nach Marienwerder mit seiner trotzigsten Burg, wo der Regierungspräsident die Fahrtteilnehmer zur Kaffeetafel — bei der glühenden Hitze des Tages ein wirkliches Labsal — geladen hatte. Dann ging es an die polnische Grenze (Bild 8), welche das ostpreußische Land von Polen und der Weichsel schneidet. An Ort und Stelle konnten hier die Teilnehmer sich von der Sinnlosigkeit der damaligen, aus Haß geborenen Grenzziehung überzeugen, die Deutsche von Deutschen trennt, mitten durch Dörfer und Gehöfte geht und große Gefahren für die fruchtbare Niederung bringt, wenn die Weichsel einmal wieder großes Hochwasser führt. Weiter ging es nach Marienburg, wo die gewaltige Anlage der deutschen Ordensburg besichtigt wurde, und zum Abschluß der Fahrt nach der Mitscherlichstation, in welcher für die Landwirte der dortigen Gegend in großen Vegetationsanlagen der Nährstoffgehalt der Böden nach der *Mitscherlich*-Methode ermittelt wird. Damit fand mit einem zwar sehr anstrengenden, aber überaus viel Interessantes bietenden Tage die ganze Tagung ihren Abschluß. Sie bot des Sehenswerten sehr viel Unvergeßliches und zeigte Dinge, die nicht immer, selbst dem heimischen Ostpreußen, leicht zugänglich sind. Sie zeigte dem Fremden aber auch an den anwesenden Besuchermassen auf dem Tannbergschlachtfeld und an dessen Denkmalen, mit welcher Treue der Deutsche an seinen historischen Stätten hängt.

Prof. Dr. Goy.





Bild 1



Bild 2

Hafenrundfahrt in Königsberg (Pr)

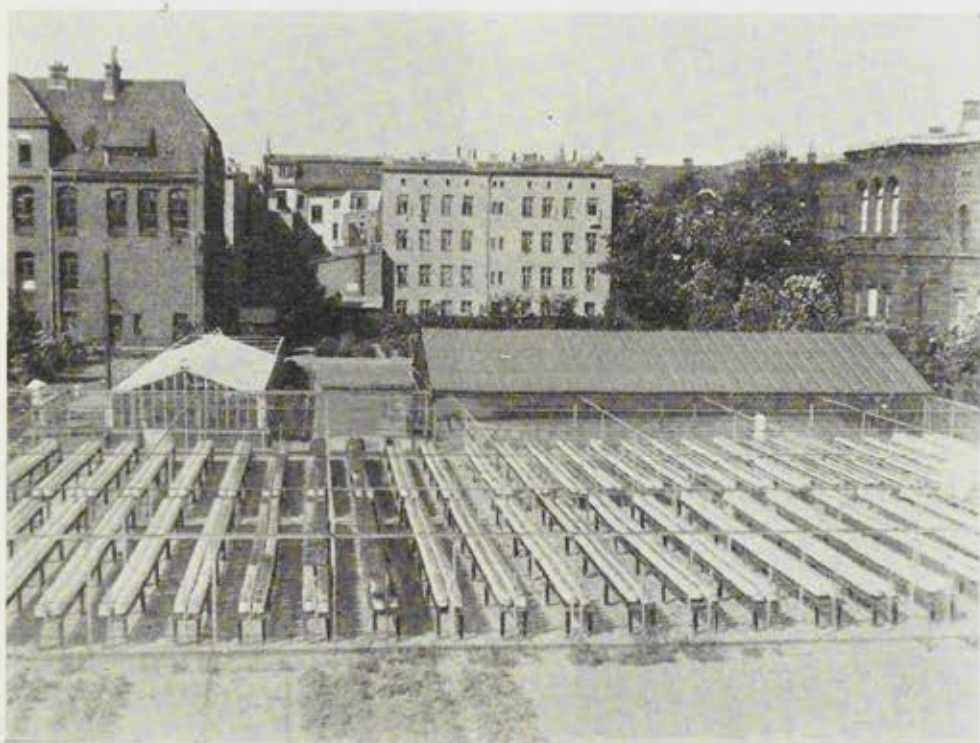


Bild 3

Vegetationsanlage des Pflanzenbau-Institutes in Königsberg (Pr)

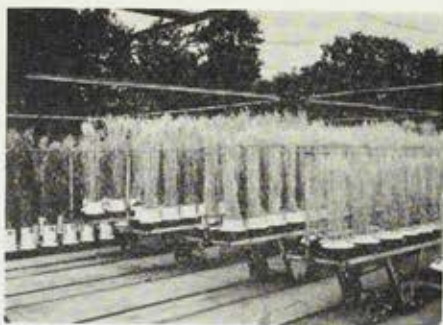


Bild 4



Bild 5

Vegetationsversuche



Bild 6

Die Steilküste bei Warnicken



Bild 7

Der Elchhirsch in Rossitten



Bild 8

Die Drei-Länder-Grenze  
Polen—Danzig—Ostpreußen



## Untersuchungs-Ergebnisse und methodische Bemerkungen hierzu.

### Herkunft der Bodenproben und evtl. kurze Angaben der Einsender über Art usw. des Bodens.

Die Bodenproben Nr. 1—20 stammen aus Schweden. Einsender: Arrhenius-Stockholm.

Die Bodenproben Nr. 21—23 stammen aus Estland. Einsender: Ruubel-Rapla-Kuusika. Boden 21 ist anmooriger Sandboden. Untergrund Lehm. Boden Nr. 22 und 23 sogenannter „Ridik“-Boden. Ackerkrume bis 25 cm; liegt fast unmittelbar auf oberflächlich verwittertem Kalkstein.

Bodenproben Nr. 24—33 stammen aus Italien. Einsender: Scurti-Turino.

Bodenproben Nr. 34 und 35 stammen aus Holland. Einsender: Hudig-Wageningen. Boden Nr. 34 und 35:  $K_2O$  und  $P_2O_5$  genügend vorhanden; voraussichtlich nur N-Mangel.

Bodenprobe Nr. 36 stammt aus Holland. Einsender: de Vries-Groningen. Nicht gut gepflegter, ziemlich armer, ungenügend gedüngter Eschboden.

Bodenproben Nr. 37—38 stammen aus Belgien. Einsender: Bayens-Louvain.

Bodenprobe Nr. 39 stammt aus Belgien. Einsender: Decoux-Tirlemont.

Bodenproben Nr. 40—41 stammen aus Hawaii. Einsender: Richter-Honolulu.

Bodenprobe Nr. 42 stammt aus Schottland. Einsender: Robertson-Aberdeen. Sehr nährstoffreicher, roter Mergelboden von der alten Devonischen Rotsandsteinzeit.

Bodenprobe Nr. 43 stammt aus Australien. Einsender: Prescott-Adelaide.

Bodenprobe Nr. 44 stammt aus Lettland. Einsender: Bambergs-Riga.

Bodenprobe Nr. 45 stammt aus Lettland. Einsender: Jubaß-Mezotne. Aus einer Tiefe von 0—20 cm entnommen. Untergrund: Durchlässiger, drainierter Mergelboden.

Bodenprobe Nr. 46 stammt aus Finnland. Einsender: Aarnio-Helsinki.

Bodenprobe Nr. 47 und 48 stammen aus Rumänien. Einsender: Sisesti-Bukarest. Bodenprobe Nr. 47: Podzolboden, eine der schlechtesten Bodentypen Rumäniens. Bodenprobe Nr. 48: Degradierter Tschernozomboden, einer der besten Bodentypen Rumäniens.

Bodenprobe Nr. 49 stammt aus Ungarn. Einsender: v. Sigmond-Budapest.

Bodenproben Nr. 50—67 stammen aus verschiedenen Gegenden Deutschlands. Einsender: Das Deutsche Kalisyndikat. Kaliarme Böden. Boden Nr. 50: Humoser Sand. Boden Nr. 51: Sand. Boden Nr. 53: Lehmiger Sand. Boden Nr. 54: Moorboden. Boden Nr. 55: Kalkverwitterungsboden. Boden Nr. 56: Moorboden. Boden Nr. 57: Lehm. Boden Nr. 58: Lehmiger Sand. Boden Nr. 59 und 60: Sand. Boden Nr. 61: Lehm. Boden Nr. 62: Humoser, sandiger Lehm. Boden Nr. 63: Humoser Sand. Boden Nr. 64: Sandboden. Boden Nr. 65: Anmooriger, lehmiger Kalkverwitterungsboden.

Bodenproben Nr. 68—121 und 145 stammen aus den verschiedensten Gegenden Ostpreußens. Einsender: Mitscherlich-Gesellschaft, Königsberg (Pr). Die Bodenproben Nr. 122—144 sind identisch mit einzelnen der vorgenannten Bodenproben, sind aber hier mit verschiedenen Düngergaben versehen worden.

### Feldversuche.

Auf einer ganzen Reihe der hier untersuchten Bodenarten waren auch Feldversuche angestellt worden, so in Sonderheit auf den Böden aus Schweden (Nr. 1—20); auf den Böden, die uns das Deutsche Kalisyndikat zustellte (Nr. 50—67) und ferner auf den Böden Nr. 21, 22, 23 aus Estland, Nr. 39 aus Belgien, Nr. 44 und 45 aus Lettland und Nr. 46 aus Finnland.

Das Originalmaterial aller dieser Versuche hat *Arrhenius* nach Stockholm mitgenommen, um uns eine entsprechende Zusammenstellung anzufertigen. Leider ist diese bis heute noch nicht erfolgt, so daß sie hier nicht wiedergegeben werden kann; Interessenten werden diese später direkt als Hektogramm aus Stockholm beziehen können. Über die ersteren Böden können wir, da wir das Material darüber nicht mehr zur Hand haben, hier überhaupt nichts mitteilen; über die letzteren Böden kann von den Feldversuchsergebnissen hier folgendes berichtet werden:

Boden 21 zeigte eine Wirkung der Kalidüngung; keine Wirkung von Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung.

Boden 22 zeigte eine Wirkung der Phosphorsäuredüngung und besonders auch der Stickstoffdüngung, keine Wirkung der Kalidüngung.

Boden 23 zeigte keine Wirkung der Kalidüngung.

Boden 39 zeigte nur eine Wirkung der Stickstoffdüngung, keine Wirkung der Kali- und der Phosphorsäure-Düngung.

Boden 44 zeigte keine gesicherte Wirkung der Kalidüngung.

Boden 45 zeigte keine Wirkung bei einem der drei Nährstoffe.

Boden 46 ließ gleichfalls nirgends eine gesicherte Ertragssteigerung durch irgend einen Nährstoff erkennen.



Tabelle I: Feldversuche

Boden, Pflanze		ungedüngt	PK	NK	NP	NPK
<u>Boden 21</u>						
Gerste	Korn	—	16,4±0,3	16,7±0,5	14,2±0,1	15,6±0,4
dz/ha	Stroh	—	22,0	21,9	19,3	22,1
<u>Boden 22</u>						
Hafer	Korn	—	13,1±0,1	15,0±0,3	17,1±0,1	17,1±0,2
dz/ha	Stroh	—	15,4	17,2	18,8	19,7
<u>Boden 23</u>						
dz/ha	Mittel aus:					
Winterweizen	3 Jahren	—	—	—	17,1	16,0
Sommerweizen	6 „	—	—	—	12,3	12,2
Feldgras (Heu)	9 „	—	—	—	23,5	24,0
Kartoffeln						
(Knollen)	5 „	—	—	—	227	237
<u>Boden 39</u>						
Zuckerrüben	Rüben	—	390,5± 8,3	440,1±6,2	444,4±8,6	443,5±5,6
dz/ha	Blätter	—	191,8±10,3	279,2±6,7	309,9±9,5	287,8±9,7
<u>Boden 44</u>						
Zuckerrüben	Rüben	170,7±11	—	—	206±10	222±5,7
dz/ha	Blätter	186,1	—	—	198,9	225
<u>Boden 45</u>						
Samen-Zuckerrüben	Samen-ernte	28,7±1,1	28,9±1,3	29,1±1,3	28,9±1,3	29,5±1,3
dz/ha						
<u>Boden 46</u>						
Hafer	Korn	9,1±0,2	11,1±0,4	11,2±0,3	12,3±0,3	12,6±0,6
kg/60 qm	Stroh	16,1±0,8	20,6±0,5	24,3±0,9	22,2±0,7	25,0±0,4

Tabelle II: Ergebnisse der K<sub>2</sub>O-Methoden

Boden	1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	nach Dirks-Scheffer	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	NH <sub>4</sub> Cl n. Saidel		NH <sub>4</sub> Cl n. Alten	NaCl n. Krauss	CH <sub>3</sub> COO NH <sub>4</sub> n. Volk u. Truog	NaCl n. Bondorff	Amalgamverfahren n. Herzner	HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmund-Becker	HCl n. Kirssanoff	rel. Löslichkeit n. Hissink	NaCl n. Nehring	n. de Vries	n. Kawe
Nr.	mg/100g	mg/100g	mg/100g	S	kg/ha	mg/100g	mg/100g	mval/2,5 kg	mg/100g	mg/100g	mg/100g	%	mg/100g	K-Zahl	mg/100g
1	1,0	2,73	9,9	19,4	89	5	15	6,9	35	17,0	12,2	5,2	—	—	0,34
2	1,6	11,88	17,2	31,1	287	13	20	11,1	25	6,4	18,0	—	—	—	0,86
3	0,8	6,60	5,4	24,0	160	7	16	7,1	3	19,1	12,9	—	—	—	0,81
4	0,8	2,50	2,0	2,9	71	4	6	1,9	1	10,6	5,7	—	—	—	0,45
5	1,7	16,75	21,0	46,7	268	16	38	17,2	25	39,4	25,2	—	—	—	1,80
6	0,8	8,05	10,5	33,3	170	9	16	8,2	13	25,5	12,8	8,6	—	—	0,51
7	0,8	8,38	10,6	27,3	160	9	15	7,8	4	25,5	14,7	—	—	—	0,77
8	0,9	4,55	6,6	9,8	66	5	12	5,7	< 1	31,9	2,5	—	—	—	—
9	0,9	6,70	4,6	10,3	207	8	9	5,5	1	6,4	9,3	—	—	24	0,62
10	0,9+	4,00	6,6	17,6	75	4	11	7,3	2	6,4	19,6	—	—	—	0,30
11	0,8	4,50	7,8	13,7	108	6	11	4,9	3	12,8	10,9	—	—	—	0,68
12	1,0+	6,65	18,1	32,4	179	10	19	9,1	8	34,0	13,8	10,7	—	—	0,75
13	0,8	2,50	3,9	7,7	113	6	7	3,2	1	17,0	6,3	—	—	—	0,59
14	0,8+	2,98	5,2	10,1	75	4	8	5,4	5	14,9	7,0	—	—	—	—
15	0,9	3,53	6,5	15,2	85	5	12	5,4	2	14,9	9,2	4,9	—	—	0,55
16	0,8	3,22	6,5	12,3	141	7	8	4,9	2	17,0	7,8	—	—	31	0,66
17	0,8+	9,10	6,6	11,0	179	8	13	7,8	2	19,1	7,8	—	—	—	—
18	1,0+	9,83	23,5	34,9	504	16	19	15,3	23	36,1	19,3	—	—	—	2,31
19	1,2+	5,10	10,9	18,2	184	7	8	6,8	1	8,5	13,13	—	—	—	1,02
20	1,1+	7,08	13,8	21,4	226	12	18	11,5	2	14,9	17,6	6,1	—	—	1,37
21	1,0	3,18	1,9	—	75	6	8	2,4	5	2,1	7,2	—	3,64	9	—
22	0,9	3,78	5,1	8,0	127	7	10	4,6	5	4,2	10,4	—	1,78	—	0,94
23	0,9	6,65	9,3	13,5	174	8	13	6,6	2	8,5	13,8	10,7	—	—	1,39
24	0,9+	6,15	8,7	11,5	217	12	11	9,2	8	13,8	11,2	—	9,39	46	1,41
25	1,9	4,35	4,4	9,8	80	5	8	3,9	3	12,8	8,5	—	—	—	0,64
26	1,0	6,35	6,0	9,9	113	8	11	8,6	4	9,6	10,8	—	—	—	0,79
27	1,9	16,93	20,8	26,7	433	20	25	15,0	28	31,9	27,3	13,6	—	—	2,84
28	0,8	6,40	7,5	10,8	231	8	9	5,3	4	23,4	9,5	—	5,16	—	0,77
29	0,9	6,50	5,4	5,4	108	7	14	4,4	6	27,6	9,7	—	—	—	1,02
30	0,9	2,18	7,4	10,5	66	3	9	6,3	< 1	17,0	6,6	—	—	—	0,25
31	1,0	6,48	5,5	10,0	108	6	6	4,8	1	14,9	7,9	10,1	—	—	0,56
32	0,9	7,48	8,7	11,1	99	8	14	8,4	9	19,1	8,9	—	—	—	0,46
33	0,9	3,98	2,4	2,8	47	4	10	3,0	< 1	20,2	4,7	—	—	—	0,19
34	2,4+	30,25	19,0	35,4	1102	31	31	22,0	32	36,1	19,1	—	30,40	84	10,85
35	0,8	14,58	26,2	33,7	377	16	21	21,0	13	36,1	20,2	—	15,33	—	—
36	1,6	9,88	0,6	0,8	344	11	10	19,7	1	25,5	9,1	—	11,46	—	3,16
37	1,0	2,10	9,1	16,1	47	2	5	0,6	1	17,0	6,3	—	2,09	—	0,30
38	0,9	5,20	8,2	11,0	113	6	8	4,9	2	23,4	9,1	—	—	—	—
39	1,0	4,43	9,6	12,1	132	6	9	5,8	2	21,3	8,7	—	—	—	—
40	0,8+	4,10	4,8	8,6	170	5	7	3,1	1	12,8	7,7	14,8	3,74	—	—
41	1,1+	16,58	30,0	40,0	608	20	26	21,6	23	27,6	21,0	—	20,46	—	—
42	1,1+	13,60	22,5	40,0	367	13	20	16,1	9	21,3	19,7	9,9	12,98	—	2,71
43	2,2	19,85	30,9	47,9	118	21	31	12,9	30	17,0	29,0	15,9	20,26	—	3,97
44	0,9	6,20	3,6	4,8	498	7	12	7,2	6	27,6	12,1	—	3,61	—	—
45	1,1	5,32	9,3	12,4	122	7	11	3,5	2	10,6	11,0	—	—	—	1,04



n. de Vries		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
K-Zahl	n. Kawe	Boden nach Dirks- Scheffer	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	NH <sub>4</sub> Cl n. Saidel	NH <sub>4</sub> Cl n. Alten	NaCl n. Krauss	CH <sub>3</sub> COO NH <sub>4</sub> n. Volk u. Truog	NaCl n. Bondorff	Amalgamverfahren n. Herzner	HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmond-Becker	HCl n. Kirssanoff	rel. Löslichkeit n. Hissink	NaCl. n. Nehring	n. de Vries	n. Kawe
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	S	kg/ha	mg/100g	mg/100g	mval/2,5 kg	mg/100g	mg/100g	mg/100g	‰	mg/100g	K-Zahl	mg/100g
—	—	46	1,1+	10,98	14,7	18,7	283	15	29	11,5	23	38,5	18,7	5,2	11,43
—	0,34	47	1,0+	6,45	8,1	11,5	151	7	16	12,1	5	12,8	13,2	—	6,22
—	0,86	48	1,0+	9,65	14,7	21,4	207	11	31	12,7	20	23,4	20,2	2,3	9,39
—	0,81	49	1,0	10,93	10,4	11,5	207	10	30	11,9	33	34,0	16,3	—	7,83
—	0,45	50	1,2+	10,15	15,4	21,9	372	12	11	9,7	7	23,4	10,6	17,2	20,39
—	1,80	51	0,8+	3,33	—	—	85	5	5	—	1	8,5	2,8	16,0	3,31
—	0,51	52	1,2	1,35	2,1	3,1	33	4	6	2,2	2	12,8	4,9	3,1	2,35
—	0,77	53	0,8+	6,80	9,4	11,9	165	8	8	6,7	4	14,9	8,6	15,0	6,69
—	—	54	0,8+	3,20	5,3	10,0	122	7	8	2,6	2	12,8	6,3	—	1,32
24	0,02	55	0,9	5,75	21,3	47,3	146	8	21	7,4	8	34,0	16,9	6,0	15,72
—	0,30	56	1,2+	4,75	39,0	39,0	108	8	12	19,7	2	27,6	9,4	10,3	9,51
—	0,68	57	0,8+	11,23	2,0	2,6	292	13	12	9,2	8	31,9	16,1	18,0	17,46
—	0,75	58	1,9+	22,08	21,9	30,4	490	13	13	18,2	5	27,6	15,0	21,3	16,54
—	0,59	59	1,7+	7,43	21,4	28,6	198	6	5	6,3	4	23,4	7,6	16,7	5,46
—	—	60	0,5+	11,88	15,6	16,8	419	13	12	15,7	14	34,0	15,9	—	16,69
—	0,55	61	0,8+	2,65	2,4	3,2	66	4	5	2,1	1	12,8	4,5	6,2	3,03
31	0,66	62	1,4+	1,98	3,7	4,5	66	3	13	6,9	1	21,3	7,3	—	6,59
—	—	63	1,1+	4,28	2,4	3,2	94	4	7	6,5	2	10,6	6,8	5,2	6,17
—	2,31	64	0,7+	4,73	5,2	5,9	141	6	5	4,7	2	14,9	6,9	—	4,46
—	1,02	65	1,0+	8,93	17,2	38,3	193	12	29	18,4	18	40,4	20,4	8,1	24,48
—	1,37	66	1,3+	10,90	10,0	18,1	287	13	20	15,5	8	29,8	15,7	—	12,96
9	—	67	0,8+	9,43	14,2	14,2	287	12	13	11,8	17	19,1	15,9	15,0	40
—	0,94	68	1,9+	13,80	13,5	17,7	485	16	17	12,0	11	29,8	16,5	—	—
—	1,39	69	1,0+	10,00	17,5	22,1	344	12	15	10,1	14	29,8	18,2	—	34
46	1,41	70	1,2+	7,05	12,2	12,2	306	10	10	6,1	3	19,1	12,4	—	26
—	0,64	71	2,3	11,83	15,1	15,8	480	14	16	10,3	14	27,6	15,0	—	44
—	0,79	72	1,7	6,78	9,9	12,0	231	10	12	7,6	7	17,0	11,0	—	—
—	2,84	73	0,8+	10,20	13,6	13,6	273	12	12	9,5	12	17,0	13,4	—	—
—	0,77	74	0,5+	5,28	11,4	12,7	170	8	9	7,3	6	14,9	8,5	—	34
—	1,02	75	1,3+	8,78	14,5	17,9	283	12	13	10,0	16	19,1	14,9	—	—
—	0,25	76	2,3	15,48	16,2	20,8	320	12	15	10,8	19	25,5	17,2	—	—
—	0,56	77	0,7	4,55	4,8	6,1	89	5	13	4,0	6	17,0	9,9	—	—
—	0,46	78	0,6+	8,95	16,5	21,6	212	10	15	9,5	3	12,8	13,1	—	—
—	0,19	79	1,1	10,80	15,0	25,0	221	11	26	14,5	11	27,6	21,4	5,2	—
84	10,85	80	1,3	8,28	15,0	27,7	245	10	19	9,2	15	21,3	15,4	—	—
—	—	81	0,4+	7,08	15,4	20,6	188	9	13	8,7	9	12,8	12,7	—	—
—	3,16	82	0,7	6,68	9,4	17,0	137	7	12	6,1	20	17,0	11,4	6,7	—
—	0,30	83	0,5	5,75	6,0	16,0	94	6	9	4,6	15	12,8	9,5	—	0,81
—	—	84	3,6+	25,88	32,4	37,2	669	22	20	17,6	13	31,9	28,3	—	—
—	—	85	1,0+	6,55	10,0	13,4	217	8	10	6,5	5	17,0	11,8	—	—
—	—	86	0,8+	6,55	11,5	16,0	231	10	10	8,5	10	14,9	12,7	—	—
—	—	87	1,0	7,93	9,0	10,9	155	8	10	7,5	11	12,8	12,5	—	—
—	2,71	88	2,0	9,05	13,6	19,4	68	12	11	9,3	13	23,4	15,4	—	—
—	3,97	89	0,8+	5,85	4,2	8,2	132	6	9	5,4	2	14,9	8,6	—	—
—	—	90	0,8+	16,35	22,0	28,3	706	30	26	—	23	27,6	19,1	—	—
—	—	91	0,9+	8,93	12,4	16,6	207	9	10	10,1	4	10,6	12,1	—	57
—	1,04	92	1,9	5,15	5,4	6,4	113	7	12	5,9	4	14,9	9,1	—	—

Boden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	nach Dirks-Scheffer	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	NH <sub>4</sub> Cl n. Saidel	NH <sub>4</sub> Cl n. Alten	NaCl n. Krauss	CH <sub>3</sub> COO NH <sub>4</sub> n. Volk u. Truog	NaCl n. Bondorff	Amalgamverfahren n. Herzner	HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmond-Becker	HCl n. Kirssanoff	rel. Löslichkeit n. Hissink	NaCl n. Nehring	n. de Vries	n. Kawe
Nr.	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	S	kg/ha	mg/100 g	mg/100 g	mval/2,5 kg	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	‰	mg/100 g	K-Zahl
93	0,5 +	8,83	16,5	23,4	377	14	17	13,2	15	19,1	17,7	—	—	—
94	1,2 +	14,45	18,1	24,2	471	13	16	19,4	13	23,4	17,3	—	—	—
95	1,0 +	11,48	15,0	27,9	316	11	11	13,1	12	19,1	13,8	—	—	—
96	0,9 +	9,55	12,0	16,0	226	10	11	10,2	18	17,0	12,9	—	—	—
97	1,0 +	8,98	9,1	9,1	287	10	9	7,8	3	12,8	9,9	—	—	—
98	0,9 +	8,80	24,7	27,5	217	10	12	6,2	8	19,1	14,8	—	—	—
99	0,8 +	6,17	7,5	13,5	165	8	12	5,7	4	29,8	9,9	4,7	—	—
100	0,9 +	9,83	8,2	19,6	301	11	11	10,5	3	34,0	16,1	—	—	—
101	0,9 +	7,18	11,6	21,4	231	10	13	11,0	8	29,8	16,9	—	—	—
102	1,0	6,25	9,0	16,2	184	8	12	7,9	6	21,3	11,9	—	—	—
103	0,9 +	12,55	10,5	21,9	160	8	10	7,6	2	23,4	10,6	—	—	—
104	0,8	4,03	5,7	9,5	99	6	10	6,6	1	21,3	10,0	—	—	—
105	0,9	5,12	9,6	37,7	174	8	9	8,1	6	6,4	9,3	—	—	—
106	1,3	9,83	11,7	24,4	221	9	12	11,4	7	17,0	14,8	—	—	—
107	1,8	9,78	13,2	25,1	207	19	20	12,0	5	21,9	20,6	—	—	—
108	0,9 +	11,48	12,0	26,7	339	14	12	12,8	2	17,0	17,4	—	44	—
109	1,5	10,75	15,1	23,5	301	11	12	10,5	1	14,9	14,2	—	—	—
110	0,9 +	5,98	10,8	18,0	151	8	15	6,8	< 1	97,8	12,5	—	—	—
111	0,4	7,70	11,0	27,9	179	8	21	8,6	2	8,5	13,8	—	—	—
112	0,9	10,10	16,3	34,0	259	10	22	11,3	16	25,5	19,5	—	—	—
113	0,83	12,80	15,4	32,2	283	11	23	12,8	12	25,5	18,6	9,3	—	—
114	1,0	8,60	10,8	27,7	212	9	21	7,9	10	14,9	15,3	—	—	—
115	1,0	5,30	8,1	15,0	118	6	16	14,6	5	14,9	10,0	2,36	—	—
116	2,1 +	34,20	31,6	35,2	1088	29	22	25,3	37	17,0	31,8	—	148	—
117	0,8 +	8,15	11,1	14,8	235	10	15	8,6	8	23,4	10,6	—	—	—
118	0,9 +	9,63	12,3	15,6	240	10	11	9,0	8	14,9	12,3	—	—	—
119	1,8	11,93	13,9	31,0	221	12	25	13,1	23	24,5	19,3	—	—	—
120	0,8 +	13,85	18,3	25,4	396	16	19	12,6	11	12,8	18,6	—	52	—
121	1,0 +	—	9,9	12,6	127	—	—	7,2	< 1	17,0	—	—	—	—
145	—	—	14,7	17,6	—	—	—	10,2	—	—	—	—	—	—



13	14		15	16	17	18	19	20	21
n. de Vries	n. Kawe	Boden Nr	Aspergillus n. Niklas Myzelgewicht			Mikro- Düngungs- Versuch n. Sekera relative %	Keimpflanzen n. Neubauer mg/100 g	Gefäßversuch n. Mitscherlich	
			g	g	g			kg/ha	mg/100 g
K-Zahl	mg/100g	1	0,65	0,50	0,375	84	30,7	548	16,2
		2	0,75	0,53	0,525	86	33,0	1400	39,3
		3	0,69	0,57	0,472	80	23,3	870	24,6
		4	0,48	0,23	0,325	45	6,6	446	12,4
		5	0,96	0,77	0,730	87	49,4	831	23,6
		6	0,66	0,59	0,372	81	25,4	694	19,9
		7	0,70	0,56	0,423	82	43,5	1122	31,6
		8	0,61	0,56	0,332	75	26,1	579	17,3
		9	0,53	0,38	0,360	62	9,7	900	24,8
		10	0,58	0,44	0,350	73	26,0	610	16,5
		11	0,63	0,51	0,375	74	21,5	927	26,4
		12	0,70	0,64	0,452	82	26,7	626	18,3
		13	0,50	0,30	0,320	52	9,8	304	8,3
		14	0,51	0,28	0,307	50	10,3	463	13,0
		15	0,60	0,40	0,332	69	27,8	1036	27,4
		16	0,52	0,34	0,347	53	11,9	493	13,3
		17	0,60	0,41	0,370	63	16,4	530	16,4
		18	0,82	0,65	0,640	94	32,5	1180	36,6
44		19	0,63	0,46	0,447	74	10,5	638	20,4
		20	0,73	0,56	0,435	80	44,7	920	27,1
		21	0,48	0,35	0,315	38	4,4	300	10,5
		22	0,55	0,47	0,357	68	12,1	690	18,2
		23	0,61	0,42	0,385	72	20,8	890	23,3
		24	0,52	0,31	0,362	77	38,5	870	22,7
		25	0,55	0,46	0,323	54	29,2	1000	27,4
148		26	0,60	0,34	0,368	71	31,7	1070	29,0
		27	0,78	0,70	0,562	82	57,7	1320	36,8
		28	0,47	0,38	0,352	58	35,2	1270	34,0
		29	0,59	0,39	0,312	50	24,5	960	23,7
52		30	0,50	0,25	0,302	58	14,4	310	8,4
		31	0,48	0,25	0,300	46	13,6	400	10,5
		32	0,55	0,35	0,355	73	46,7	930	24,9
		33	0,56	0,29	0,282	40	22,2	784	20,7
		34	0,51	0,60	0,680	93	42,1	1000	25,6
		35	0,80	0,58	0,500	86	52,2	880	23,8
		36	0,61	0,33	0,412	71	11,8	800	21,0
		37	0,52	0,33	0,367	41	8,1	207	5,9
		38	0,61	0,43	0,375	50	18,1	714	19,9
		39	0,58	0,37	0,325	69	17,5	680	19,6
		40	0,44	0,22	0,277	92	5,7	680	19,8
		41	0,78	0,45	0,602	79	41,3	1390	39,7
		42	0,68	0,61	0,490	84	26,3	712	20,9
		43	0,85	0,74	0,662	92	57,2	1780	46,9
		44	0,57	0,41	0,367	58	26,5	349	10,0
		45	0,60	0,49	0,340	64	23,0	1150	31,5
		46	0,86	0,80	0,612	93	30,4	825	31,3
		47	0,62	0,53	0,360	83	17,6	800	21,2
		48	0,85	0,81	0,635	86	46,2	1040	30,5
		49	1,01	0,84	0,775	98	—	740	21,0

Boden Nr.	15	16	17	18	19	20	21
	Aspergillus n. Niklas Myzelgewicht			Mikro- Düngungs- Versuch n. Sekera	Keimpflanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich	
	g	g	g			kg/ha	mg/100 g
50	0,53	0,46	0,505	75	13,6	357	9,0
51	0,40	0,22	0,325	33	3,7	104	2,7
52	0,49	0,29	0,325	45	3,7	52	2,7
53	0,46	0,29	0,337	65	8,5	240	6,5
54	0,45	0,25	0,325	54	5,7	59	2,2
55	0,69	0,61	0,457	89	34,7	755	21,9
56	0,55	0,34	0,347	72	8,3	59	3,1
57	0,63	0,49	0,402	78	24,8	480	15,2
58	0,60	0,44	0,405	87	19,4	527	12,7
59	0,44	0,35	0,365	46	6,9	189	5,4
60	0,58	0,48	0,410	92	26,5	585	16,0
61	0,41	0,19	0,315	37	6,0	104	2,7
62	0,55	0,31	0,342	85	8,4	65	2,7
63	0,47	0,26	0,333	82	7,5	78	2,5
64	0,40	0,19	0,332	46	5,6	117	3,3
65	0,74	0,67	0,583	100	38,4	554	21,3
66	0,59	0,49	0,427	90	9,0	143	7,1
67	0,55	0,35	0,392	84	18,7	390	10,4
68	0,58	0,42	0,457	82	23,5	1200	30,7
69	0,60	0,45	0,422	87	22,5	580	19,0
70	0,50	0,33	0,385	78	13,8	400	13,6
71	0,59	0,53	0,450	85	34,1	3600	88,0
72	0,56	0,45	0,372	78	21,1	1200	29,3
73	0,55	0,41	0,397	79	21,6	750	19,2
74	0,48	0,31	0,355	68	13,0	410	10,5
75	0,54	0,39	0,400	81	20,0	720	16,8
76	0,66	0,52	0,460	86	26,0	1070	27,4
77	0,48	0,30	0,332	56	14,4	340	8,7
78	0,55	0,43	0,437	73	20,3	710	18,2
79	0,69	0,64	0,575	88	54,0	1070	26,3
80	0,60	0,62	0,472	80	32,6	1290	34,9
81	0,55	0,51	0,380	79	23,9	460	11,8
82	0,52	0,42	0,340	66	22,8	1210	30,9
83	0,50	0,37	0,355	66	17,5	470	12,0
84	0,78	0,63	0,682	88	50,8	1730	44,4
85	0,52	0,43	0,367	71	14,7	520	13,3
86	0,58	0,51	0,375	81	21,9	900	22,0
87	0,54	0,42	0,352	78	20,4	960	24,6
88	0,55	0,54	0,425	79	22,8	590	14,5
89	0,48	0,39	0,390	68	11,9	360	8,8
90	0,64	0,70	0,597	85	24,3	720	18,4
91	0,55	0,54	0,357	78	25,0	760	19,3
92	0,50	0,38	0,342	65	17,2	500	12,8
93	0,63	0,52	0,490	87	30,5	920	23,5
94	0,60	0,52	0,475	87	25,1	1050	28,5
95	0,54	0,46	0,497	78	18,5	780	20,0
96	0,55	0,50	0,415	80	21,6	980	25,1
97	0,52	0,34	0,380	73	12,4	620	15,2
98	0,58	0,53	0,437	85	28,1	700	17,2



Boden Nr.	15	16	17	18	19	20	21
	Aspergillus n. Niklas Myzelgewicht			Mikro- Düngungs- Versuch n. Sekera	Keimpflanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich	
	g	g	g			kg/ha	mg 100 g
99	0,50	0,36	0,350	72	17,4	370	9,5
100	0,59	0,55	0,365	77	19,2	890	20,7
101	0,58	0,58	0,405	80	31,3	1050	26,9
102	0,51	0,53	0,385	78	23,8	850	21,8
103	0,46	0,51	0,360	84	17,7	660	16,0
104	0,51	0,47	0,347	73	23,9	540	13,8
105	0,53	0,41	0,365	78	15,1	400	10,3
106	0,63	0,51	0,437	80	34,0	870	20,3
107	0,64	0,72	0,652	95	37,4	1320	30,7
108	0,61	0,58	0,492	85	28,7	680	15,7
109	0,58	0,62	0,422	92	28,0	1120	28,7
110	0,54	0,63	0,372	83	30,6	730	18,7
111	0,76	0,58	0,560	90	29,7	1030	27,6
112	0,84	0,69	0,630	90	33,7	1400	34,4
113	0,85	0,82	0,607	89	35,2	1490	36,6
114	0,82	0,79	0,582	91	30,1	1310	32,0
115	0,69	0,56	0,445	82	28,8	780	19,0
116	0,93	0,64	0,657	98	38,6	3600	88,0
117	0,55	0,53	0,416	85	20,0	480	12,3
118	0,55	0,47	0,393	77	19,5	800	20,5
119	0,72	0,68	0,530	94	50,2	1080	29,3
120	0,63	0,57	0,437	88	21,7	560	14,4
121	—	—	—	—	—	900	23,1
145	—	—	—	—	—	390	10,0

## Bemerkungen zu den K<sub>2</sub>O-Ergebnissen.

1. Methode Dirks und Scheffer (10). mg K<sub>2</sub>O in 100 g. Ausgeführt von Goy-Königsberg (Pr). 100 g Boden werden mit 250 ccm Lösungsmittel eine Stunde geschüttelt. Böden mit einer Reaktion von pH 6 des KCl-Auszuges und darüber werden mit Kohlensäure-Bikarbonatlösung, saure Böden mit dest. Wasser behandelt. Das Kalium wurde nach der Methode Kramer und Tisdall titrimetrisch bestimmt. Zur Erzielung von Höchsternien sind folgende Grenzwerte je 100 g Boden erforderlich:

1.5 mg K<sub>2</sub>O für Roggen, Hafer, Weizen, Gerste und Zuckerrüben,  
2.0 mg K<sub>2</sub>O für Kartoffeln.

2. CO<sub>2</sub>-Methode nach Mitscherlich (2, 42 u. 43). mg K<sub>2</sub>O in 100 g. Ausgeführt von E. A. Mitscherlich-Königsberg. 40 g Boden + 2 Ltr. CO<sub>2</sub>-gesättigtes Wasser, dem während der achtstündigen Extraktionsdauer fortlaufend CO<sub>2</sub> zugeleitet wurde. Die Temperatur betrug 50°C. Mit Pukallischen Tonzellen wurde die Suspension filtriert. Das Kali nach W. U. Behrens (26) bestimmt. Die Grenzwerte liegen hier noch nicht fest, da die Methode erst noch ausgebaut wird.
3. Ammoniumchlorid-Austausch nach Th. Saidel (14). mg K<sub>2</sub>O in 100 g bei der 1. Extraktion und S-Werte. Ausgeführt von Th. Saidel-Bukarest. Die methodischen Einzelheiten sind auf Seite 26 zu ersehen. Die Berechnungen wurden an Hand folgender Gleichungen vorgenommen:

$$I. \quad K = \frac{a_2}{a_1} = \frac{a_3}{a_2}$$

wobei a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> und a<sub>3</sub> die in den aufeinander folgenden Extrakten gefundenen Mengen Kali in 100 g Boden bedeuten.

$$II. \quad a_2 = a_1 \cdot K; \quad a_3 = a_2 \cdot K.$$

Der Gesamtgehalt an löslichem Kali (S) wurde in 100 g Boden nach der Formel von Th. Saidel berechnet:

$$III. \quad S = \frac{a_1}{1 - K}$$

Das Düngerbedürfnis und der Vorrat an löslichem Kali wurde auf Grund der folgenden Grenzzahlen ausgewertet:

Gruppe	S	mg K <sub>2</sub> O in 100 g Bod. bei d. 1. Extraktion	Vorrat an löslichem Kali	Düngungs- bedürfnis
I	0—5	0—5,0	praktisch Null	sehr groß
II	5—10	1,5—7,5	gering	groß
III	10—15	3,0—7,5	unter normal	klein
IV	15—20	4,5—7,5	über normal	klein
V	7,5—15	7,5—9,5	unter normal	(vorläufig kaum
VI	15—20	7,5—9,5	über normal	zu gewärtigen
VII	9,5—15	9,5—15,0	unter normal	(vorläufig nicht
VIII	15—20	9,5—20,0	über normal	zu gewärtigen
IX	20—25	9,5—25,0	groß	nicht vorhanden
X	25—40	9,5—20,0	sehr groß	} auf lange Dauer nicht vorhanden
XI	> 30	> 20	außerordentlich groß	



4.  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Austausch nach Vageler/Alten (15 und 16). kg/ha. Ausgeführt von F. Alten-Berlin. Siehe Seite 145 und Lemmermann, O.: Methoden für die Untersuchung des Bodens. II. 101 usf. Als  $\text{K}_2\text{O}$ -bedürftig werden die Böden bezeichnet, die weniger als 4 kva K/ha oder ca. 200 mg  $\text{K}_2\text{O}$  aufweisen.
5.  $\text{NaCl}$ -Austausch nach Krauss (20). mg/100 g. Ausgeführt von Arrhenius-Stockholm. 25 g Boden werden mit 50 ccm Krauss'scher Lösung (1 Ltr.  $\text{H}_2\text{O}$  + 120 g  $\text{NaCl}$  + 10 g Sublimat + 10 g Magnesia usta) 3 Stunden in der Schüttelmaschine nach Arrhenius geschüttelt und filtriert. Im Filtrat wurde das  $\text{K}_2\text{O}$  entweder sedimentrisch oder kolorimetrisch bestimmt. Von 0.7 mg  $\text{K}_2\text{O}$  in 100 g liegt sicher  $\text{K}_2\text{O}$ -Bedürftigkeit vor, bei 25–40 mg  $\text{K}_2\text{O}$  ist der Boden nicht mehr bedürftig.
6. Ammoniumazetat-Austausch nach Volk und Truog (21). mg/100 g. Ausgeführt von Arrhenius-Stockholm. 50 g Boden werden mit 450 ccm 1/n  $\text{NH}_4$ -Azetat (pH = 6.8) unter öfterem Umschütteln behandelt. In einem aliquoten Teil des Filtrates wurde das Kali nach dem Eindampfen, Beseitigung der organischen Substanz und des Ammoniums, titrimetrisch bestimmt. Böden unter 10 mg  $\text{K}_2\text{O}$  in 100 g sind bedürftig, über 10 mg nicht mehr.
7.  $\text{NaCl}$ -Austausch nach Bondorff (22). Milliäquivalent je 2.5 kg. Ausgeführt von K. A. Bondorff-Lyngby. Der Boden wird mit 2 bzw. 4 n  $\text{NaCl}$ -Lösung geschüttelt, die  $\text{K}_2\text{O}$ -Menge im Filtrat bestimmt und die Totalmenge von umtauschbarem Kali nach der Hyperbelgleichung von P. Vageler berechnet. Dieser Wert wird von Bondorff als Tk angegeben. Tk bedeutet Milliäquivalent umtauschbares Kali je 2.5 kg Boden. Tk kann auch in kg-äquivalente je ha (= 2.5 Mill. kg) oder Tk:47 in kg umtauschbarem Kali im Hektar berechnet werden. Bei Tk-Werten <5 ist fast immer eine gute, dagegen bei Tk über 10 nur ausnahmsweise eine  $\text{K}_2\text{O}$ -Wirkung beobachtet worden.
8. Amalgam-Verfahren nach Herzner. mg/100 g. Ausgeführt von Herzner-Wien. Siehe Seite 28.
9.  $\text{HNO}_3$ -Methode nach v. Sigmond-Becker (23 u. 24). mg/100 g. Ausgeführt von v. Sigmond-Budapest. Der Bodenauszug wird in der Weise hergestellt, daß er nach der Extraktion einer n/100  $\text{HNO}_3$  entspricht. 25 g Boden werden im Stohmannkolben von 1 Ltr. Inhalt mit Wasser und der nötigen Säuremenge versetzt. Bis zur Marke mit dest.  $\text{H}_2\text{O}$  aufgefüllt und im Rotierapparat nach Wagner (70–80 Umdrehungen pro Minute)  $\frac{1}{2}$  Stunde geschüttelt. Anschließend 16–24 Stunden stengelassen und wieder  $\frac{1}{2}$  Stunde geschüttelt. 100 ccm des Filtrats sollen möglichst genau 10 ccm n/10  $\text{NaOH}$  neutralisieren. Liegt die Endazidität außerhalb der erwähnten Grenze, so ist ein neuer Extrakt mit Verwendung von mehr bzw. weniger Säure herzustellen. Die  $\text{K}_2\text{O}$ -Mengen im Filtrat wurden nach der Perchloratmethode bestimmt. Als Kaligrenzzahlen gibt v. Sigmond-Becker folgende an:
 

unter 50 mg $\text{K}_2\text{O}$ in 100 g Boden	jedenfalls $\text{K}_2\text{O}$ -bedürftig
50–50 mg     "     "     "     "	nur bei Hackfrüchten bedürft.
über 50 mg     "     "     "     "	nicht $\text{K}_2\text{O}$ -bedürftig.



10. 0,2 n HCl-Auszug nach Kirssanoff (76). mg/100 g. Ausgeführt von A. T. Kirssanoff-Moskau. Der Boden wird im Verhältnis 1:5 mit 0,2 n HCl 1 Stunde geschüttelt und dann noch 1 Stunde stehengelassen. Das Kalium wird im Filtrat nach der Kobaltinitritmethode (65) bestimmt. Böden, welche über 15 mg  $K_2O$  in 100 g enthalten, benötigen keine Kalidüngung mehr.
11. Die relative Löslichkeit des Kalis nach der Methode von Hissink (80). %. Ausgeführt von Hissink-Groningen. 10 g Boden werden 2 Stunden mit 200 ccm 5%iger HCl an einem Rückflußkühler gekocht und das Kalium im Filtrat bestimmt. In einer zweiten Probe wird mit n/1  $NH_4Cl$  das „austauschfähige  $K_2O$ “ ermittelt (siehe Seite 135). Aus diesen beiden Werten wird die „relative Löslichkeit“ berechnet. Sie gibt das austauschfähige Kali in Prozenten des salzsäurelöslichen Kalis an.
12. NaCl-Methode nach Nehring. mg/100 g. Ausgeführt von Nehring-Rostock. 25 g Boden wurden mit 250 ccm n/10 NaCl-Lösung 1 Stunde geschüttelt, abgesaugt und in der Lösung das ausgetauschte Kalium bestimmt, das als das leicht aufnehmbare Kali betrachtet wird. Der Rückstand wurde noch zweimal in der gleichen Weise ausgeschüttelt und der in diesen Ausschüttelungen gefundene Kaligehalt gibt uns einen Einblick in das Nachlieferungsvermögen. Da das Nachlieferungsvermögen mitberücksichtigt werden muß und dieses nur an 4 Böden bestimmt wurde und die übrige Zahl der untersuchten Böden verhältnismäßig klein ist, können genaue Angaben für die Auswertung noch nicht gemacht werden.
13. HCl-Auszug nach de Vries (72). K-Zahlen. Ausgeführt von O. de Vries-Groningen. Eine lufttrockene Bodenmenge, entsprechend 6,25 g Humus (Glühverlust), wird mit 500 ccm n/10 HCl eine Stunde geschüttelt und sofort filtriert. Ein aliquoter Teil des eingedampften Filtrats, bei dem zuvor die organische Substanz mit  $H_2O_2$  zerstört und die Phosphorsäure ausgefällt wurde, wird in einen Hämatokriten nach Hamburger (56) gebracht und mit Kobaltinitrit versetzt. Nach 1½stündigem Stehen wird 15 Minuten bei 3500 Touren zentrifugiert und das Kali sedimentrisch bestimmt. Ein Teilstrich des Niederschlages im Kapillarröhrchen entspricht einer Einheit, die de Vries K-Zahl nennt. Eine K-Zahl = 0,09 mg  $K_2O$  pro 1 g Humus.
14. Methode Kawe. mg  $K_2O$  in 100 g. Ausgeführt von Kame-Leipzig. Ein mit Porzellansieb (62) und feuchtem Filter versehenes Glasrohr wird mit 500 g lufttrockenem Boden gefüllt. Die Röhre vorsichtig in einen Glaszylinder mit genau 700 ccm dest. Wasser gesetzt. Nachdem das Wasser die gesamte Bodensäule durchdrungen hat, nimmt man das Rohr hinaus und bestimmt die Wasserkapazität des Bodens, durch die zurückgebliebene Wassermenge im Gefäß. Nach 24 Stunden wird die Bodenlösung gewonnen. Dieses geschieht auf dem Wege der Verdrängung, indem man soviel dest. Wasser von oben zugibt, wie zuvor bei der Sättigung festgestellt wurde. Von dieser Lösung werden 25 ccm auf Kali untersucht. 62,5 ccm vom Rest werden mit der gleichen Menge Wasser verdünnt und eine Stunde mit 50 g Boden geschüttelt. Anschließend wird die



Suspension filtriert, davon 25 ccm ebenfalls auf  $K_2O$  nach der Methode von *Kramer* und *Tisdall* (11) untersucht, der Rest für die  $P_2O_5$ -Messung zurückgestellt. Die gefundenen  $K_2O$ -Mengen werden auf 100 g Boden umgerechnet und zwischen der Ausschüttelung und Verdrängung die Differenz berechnet. Der Grenzwert für eine Kali-bedürftigkeit des Bodens wurde auf 0.5 mg  $K_2O$  je 100 g Boden festgesetzt.

Die Ergebnisse nach der Methode *Kawe* betr.  $K_2O$  und  $P_2O_5$ -Gehalt des Bodens konnten erst kurz vor der Drucklegung nachgeliefert werden, da die Böden erst nach der Tagung an Herrn *Kawe* versandt wurden.

15. Aspergillismethode nach *Niklas* (57 u. 58). Myzelgewicht in g. Ausgeführt von *H. Niklas*-München. Für die Untersuchung auf Kali wurden je 2.5 g Boden verwendet. Die Proben wurden im Erlenmeyerkölbchen mit 50 ccm Nährlösung versetzt, die folgende Zusammensetzung hatte:

10	% Rohrzucker
1	% Zitronensäure
0.6	% Ammonsulfat
0.1	% Pepton
0.075	% $P_2O_5$ als prim. Ammonphosphat
0.05	% Magnesiumsulfat
0.00015	% Cu (als Kupfersulfat)
0.0001	% Zn (als Zinksulfat)
0.0001	% Fe (als Eisensulfat).

Bei kalkhaltigen Böden wurde der Kalkgehalt mit Zitronensäure neutralisiert. Die Oberfläche der Nährlösung wurde mit einer hauchdünnen Schicht des Impfpulvers bedeckt. Unmittelbar nach der Beimpfung wurden die Kölbchen mit einem Wattebausch verschlossen und in den Brutschrank gestellt. Temperatur = 35° C. Die Dauer der Brut betrug 3 Tage. Die Pilzdecken wurden aus den Kulturgefäßen herausgenommen und abgespült. Jedes Myzel wurde ausgedrückt und zum Trocknen in Schälchen gebracht. Zuerst wurde mindestens 12 Stunden bei 50° C getrocknet, dann noch 2—3 Stunden bei 105° C. Die getrockneten Myzele wurden bis auf 0.01 g genau gewogen.

16. Aspergillismethode nach *Niklas*. Myzelgewicht in g. Ausgeführt von *A. M. Smith*-Edinburgh. Nach der Vorschrift von *H. Niklas* bestimmt. Die Versuchsdauer wurde auf sechs Tage ausgedehnt.
17. Aspergillismethode nach *Niklas*. Myzelgewicht in g. Ausgeführt von *Baeyens*-Louvain. Im allgemeinen nach der Methode von *Niklas* durchgeführt. Die Versuchsdauer betrug drei Tage im Brutschrank bei 28° C.
18. Mikrodüngungsversuch nach *Sekera* (8 u. 61). Relative Ernte in %. Ausgeführt von *Sekera*-Wien. Die nach dem Schema P-PK-K angelegten Mangelversuche ergeben die Myzelernten in g. Daraus werden die in der Tabelle angegebenen relativen Ernten

(PK = 100%) errechnet. Die Kaliwirkung wird wie folgt ausgewertet:

relative Ernte in %	Note	Düngerwirkung des Kalis		
		Hackfrüchte	Leguminosen	Getreide
85	0	In den nächsten 3–4 Jahren keine Wirkung		
75–85	1	schwach	keine	keine
65–75	2	mäßig	schwach—mäßig	Schutz gegen Lagerung usw.
50–65	3	stark	stark	mäßig
50	4	sehr stark	sehr stark	stark

Sofern die Standortverhältnisse unbekannt sind und eine Anpassung der Befunde unmöglich ist, wird folgende einfache Beurteilung der Bedürftigkeit vorgeschlagen:

Note

0 nicht bedürftig

1 u. 2 bedingt bedürftig

3 u. 4 bedürftig.

19. Keimpflanzenmethode nach Neubauer (65, 66 u. 67). Werte in mg je 100 g. Ausgeführt von Neubauer-Dresden. In 100 g Boden unter Zusatz von 500 g Sand werden in kleinen Schälchen bei bestimmter Wasserzugabe 100 Roggenkörner zum Keimen gebracht. Nach siebzehn Tagen wird festgestellt, wieviel mg Kali bzw. Phosphorsäure diese aus dem Boden aufgenommen haben. Die blinde Bestimmung muß dabei vom gefundenen Werte in Abzug gebracht werden. Die Grenzzahlen schwanken je nach der anzubauenden Pflanze bei Kali zwischen 15 und 29 mg  $K_2O$  je 100 g Boden; wird diese Grenzzahl nicht erreicht, dann ist der betreffende Boden düngerbedürftig, wird sie überschritten, so gibt eine Düngung auf dem betreffenden Boden keine Mehrerträge.
20. u. 21. Der Gefäßversuch nach Mitscherlich (68), kg/ha und mg/100 g. Ausgeführt von E. A. Mitscherlich-Königsberg (Pr). Eine Reihe Gefäße werden mit gleichen Mengen des gleichen Bodens gefüllt, von denen die einen eine Volldüngung, die anderen eine solche ohne Kalizugabe erhalten. In ihnen wird je die gleiche Anzahl von Pflanzen unter sonst ganz gleichen Bedingungen bis zur Reife gebracht. Es werden alsdann für beide Versuche die Gramme Trockensubstanz der gewonnenen Ernte bestimmt. Da die Kalidüngung bei der „Volldüngung“ derart bemessen wird, daß man mit ihr die mit Kali erreichbaren Höchsterträge erhält, kann man nunmehr feststellen, wieviele Prozente vom Höchstertrage ohne diese Kalidüngung erreicht werden. Hieraus läßt sich mit Hilfe des Wirkungsgesetzes der Kaligehalt der angewandten Bodenmenge je Gewicht bzw. auch je Volumeneinheit Boden bestimmen.



Tabelle III  
Ergebnisse der P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Methoden.

Boden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	Boden		
Nr.	Testzahl	mg/100 g	mg/Liter	1×10 <sup>-1</sup> im Liter	Vorrat kg/ha	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/Liter	mg/100 g	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Zahl	Basiz.	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	%	mg/100 g	P-Zahl	Testzahl	g	g	g	relative %	Azotobakter n. Stöckli	Azotobakter n. Winogradsky	Cunninghamella n. Truog	Keimpflanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich	mg/100 g	dz/ha	mg/100 g	Nr.
1	1	0,89	0,46	3	12	3,0	9	10,9	15,0	25	10,75	11,5	5,9	47	14,2	7,3	13	2,0	7	11,6	—	—	1,2	0,16	0,19	0,355	19	III	I	II	1,1	37	1,1	1		
2	10	5,66	1,88	12	58	16,3	20	34,0	57,0	54	30,1	30,0	9,6	28	21,6	19,7	21	—	(25)	—	—	2,0	0,54	0,51	0,525	55	IV	III	VI	6,7	750	21,1	2			
3	6	4,79	1,52	10	53	11,7	15	24,4	35,0	39	21,2	22,0	7,7	32	19,6	17,9	18	3,0	(15)	—	—	0,8	0,33	0,36	0,435	45	IV	II	IV	5,2	540	15,8	3			
4	2	2,35	0,95	6	29	7,3	9	16,6	45,0	29	17,4	18,0	6,7	29	15,2	12,8	16	3,6	(20)	—	—	1,2	0,27	0,29	0,415	41	IV	I?	II	0,4	236	5,5	4			
5	10	15,92	5,45	10	116	57,5	35	72,5	110,0	140	32,4	60,0	30,7	57	62,9	51,5	58	2,2	(65)	—	—	2,2	1,33	1,02	0,735	58	V	I	II	16,7	741	21,0	5			
6	7	9,12	3,28	12	95	29,0	20	48,7	45,0	68	23,3	35,0	11,4	43	30,0	29,3	28	—	(30)	31,5	—	—	8,4	0,94	0,79	0,555	49	V	III	III	6,5	1340	36,6	6		
7	10	3,39	2,07	12	59	20,0	20	42,7	48,0	58	11,1	50,0	20,5	48	51,3	32,3	29	—	(40)	—	—	3,6	0,58	0,57	0,525	41	IV	I	V	6,4	424	12,1	7			
8	1	1,14	0,87	6	19	10,4	12,5	28,4	32,0	46	4,13	32,5	17,5	59	36,8	27,2	30	1,3	(33)	—	—	—	—	0,36	0,36	0,505	28	III	I	II	0,1	76	2,3	8		
9	7	5,89	1,82	12	81	25,3	20	53,7	60,0	64	20,3	37,5	12,1	27	35,6	36,6	22	2,6	(35)	—	2	—	1,0	0,98	0,70	0,515	59	IV	?	IV	1,9	771	21,2	9		
10	1	0,82	0,47	4	13	2,7	3,5	9,3	18,8	23	9,5	8,5	4,5	42	14,1	6,6	9	3,0	(8)	—	—	—	0,8	0,18	0,19	0,395	29	II	I	II	1,9	70	2,1	10		
11	2	3,55	1,40	12	35	17,3	15	34,8	45,0	74	6,66	35,0	14,1	36	37,9	29,1	24	1,6	(30)	—	—	—	1,0	0,42	0,33	0,430	35	III	I	IV	2,2	210	6,1	11		
12	2	1,40	0,69	12	20	8,1	12	27,4	30,0	44	6,9	14,5	4,0	30	13,2	11,9	11	4,0	(15)	18,5	—	—	1,6	0,33	0,35	0,435	38	IV	II	II	5,8	255	7,5	12		
13	2	0,80	0,47	8	23	4,4	5	15,5	22,5	26	9,95	14,0	4,4	20	14,9	8,5	11	4,1	(19)	—	—	—	0,8	0,27	0,28	0,455	42	II	I	II	2,0	155	4,3	13		
14	2	0,92	0,31	6	20	4,7	6	14,7	30,0	28	11,1	15,5	6,5	26	15,1	6,6	18	2,8	(22)	—	—	—	—	0,23	0,25	0,445	40	II	I	II	2,1	122	3,5	14		
15	1	1,13	0,80	5	24	9,4	10	20,6	18,8	37	4,83	20,5	8,7	47	17,0	17,4	19	—	24	14,9	—	—	1,4	0,25	0,27	0,430	34	II	II	III	3,1	200	5,3	15		
16	10	3,33	1,47	12	78	16,3	17	31,6	30,0	42	13,95	28,0	8,5	16	20,0	19,7	21	3,2	31	—	3	—	8,6	0,50	0,46	0,535	51	II	I	II	3,1	875	23,7	16		
17	3	1,04	0,49	6	30	11,3	13	59,0	70,0	97	12,6	71,3	14,8	28	50,5	18,8	35	3,5	(81)	—	—	—	—	0,85	0,76	0,620	52	IV	II	VI	7,5	280	8,7	17		
18	1	0,13	0,20	2	24	3,8	5	26,5	30,0	55	0,8	28,0	5,5	34	28,0	5,2	13	3,6	(30)	—	—	—	1,4	0,30	0,34	0,510	18	I	I	IV	0,9	152	4,7	18		
19	1	0,00	0,15	1	28	1,2	4	13,3	15,0	25	3,2	3,9	0,5	31	Sp.	2,7	1	Sp.	(3)	—	—	—	0,6	0,18	0,26	0,445	56	I	II	II	1,5	94	3,0	19		
20	1	0,32	0,37	2	22	2,4	4	29,6	35,0	68	10,9	55,0	20,6	32	51,5	23,4	39	—	(67)	25,6	—	—	1,2	0,29	0,37	0,525	30	II	I	II	1,8	75	2,2	20		
21	1	1,11	0,25	4	24	6,9	8	36,0	46,0	40	11,75	35,0	14,0	50	37,4	13,3	30	—	(60)	—	0	—	—	0,31	0,47	0,525	33	II	I	II	0,1	45	1,4	21		
22	1	0,35	0,18	3	16	2,6	6	13,9	14,0	45	3,78	13,0	4,3	28	12,1	8,2	10	3,0	(18)	—	—	—	1,0	0,20	0,30	0,425	12	II	I	III	0,0	50	1,3	22		
23	1	0,75	0,40	6	22	3,5	5	11,6	12,0	19	3,92	8,0	3,1	32	7,8	7,3	8	2,0	(14)	9,7	—	—	1,2	0,21	0,24	0,430	31	II	I	III	1,5	215	5,6	23		
24	5	0,90	0,52	6	30	5,8	5	10,3	12,5	8	23,65	7,5	2,8	14	6,9	6,3	8	4,0	9	—	2	—	1,4	0,20	0,20	0,290	36	V-VI	?	II	6,1	440	12,0	24		
25	5	4,44	3,02	8	58	35,3	25	54,0	65,0	62	12,2	47,5	18,8	39	42,3	38,9	43	3,7	58	—	—	—	1,0	0,74	0,63	0,535	48	V	?	II	8,8	730	19,8	25		
26	1	0,46	0,26	4	19	2,7	4	13,8	20,0	25	5,85	11,0	1,6	28	4,5	9,6	5	1,8	8	—	—	—	0,8	0,19	0,24	0,395	34	I	I	II	3,1	85	2,4	26		
27	10	17,02	6,12	5	256	70,0	40	131,0	120,0	140	40,5	125,0	48,4	50	120,4	82,4	88	14,0	150	40,8	—	—	16,4	1,28	0,97	0,690	76	VI	III	VI	19,8	—	>80,0	27		
28	1	0,75	0,58	5	15	2,7	3,5	6,7	10,0	12	6,9	3,5	1,2	32	Sp.	6,3	4	1,8	(18)	—	—	—	1,0	0,14	0,23	0,375	32	III	I	II	2,7	100	2,7	28		
29	2	0,96	0,90	12	43	7,1	3,5	17,7	18,0	26	8,75	1,3	6,0	140	16,2	8,9	10	2,2	26	—	—	—	0,8	0,53	0,32	0,455	18	IV	I	II	3,3	280	6,9	29		
30	1	0,23	0,13	1	5	0,9	0,5	2,6	12,0	6	3,4	0,5	0,1	39	Sp.	4,3	<1	3,1	0,5	—	—	—	1,0	0,12	0,19	0,330	17	II	I	III	0,3	70	1,9	30		
31	1	0,31	0,15	5	13	1,4	1,5	4,7	7,7	7	6,5	2,0	0,3	16	Sp.	3,2	1	6,9	2	6,4	—	—	0,9	0,16	0,18	0,330	37	III	I	II	0,4	62	1,6	31		
32	1	0,47	0,33	4	17	3,3	3,5	7,2	5,0	11	5,0	3,0	0,4	34	Sp.	8,0	4	4,8	2	—	—	—	0,6	0,17	0,23	0,375	40	III	III	IV	5,7	300	8,1	32		
33	1	0,34	0,52	8	18	5,3	2	10,6	12,0	16	4,45	Sp.	6,6	152	17,2	6,3	8	2,4	29	—	—	—	1,0	0,32	0,25	0,405	13	III	II	II	2,4	240	6,4	33		
34	10	3,05	1,04	8	56	20,5	18	63,5	60,0	65	20,0	55,0	10,8	10	37,6	16,9	28	8,8	54	—	8	I	15,4	1,03	0,81	0,545	71	II	III	VI	10,8	1480	38,0	34		
35	10	1,82	1,24	10	58	17,9	18	47,2	40,0	60	20,4	37,5	9,4	31	29,8	21,1	32	9,9	42	—	—	—	—	0,65	0,52	0,520	50	III	III	VI	22,2	1070	28,8	35		
36	10	4,21	0,78	12	66	20,8	18	78,5	70,0	86	15,8	60,0	6,0	6	26,2	16,9	23	7,0	65	—	—	—	27,6	1,15	0,92	0,590	82	III	III	VI	13,1	1040	27,5	36		
37	2	1,80	0,72	16	44	8,3	10	21,5	25,0	30	6,55	20,0	6,0	43	15,5	16,0	14	1,0	41	—	—	I	0,4	0,31	0,38	0,495	38	IV	I	II	2,4	112	3,2	37		
38	5	2,55	1,53	16	77	16,6	16	48,0	46,0	63	12,7	27,5	9,7	50	19,2	24,3	18	3,5	48	—	—	III	—	0,68	0,70	0,560	41	VI	I	II	6,6	490	13,7	38		
39	10	6,48	2,05	16	94	22,8	20	49,5	45,0	57	9,9	35,0	15,0	24	31,5	27,8	32	6,3	46	—	—	—	—	0,55	0,49	0,510	53	V	II	II	7,6	890	26,5	39		
40	1	0,00	0,17	0	12	0,2	0	1,4	2,6	0	3,85	0,0	0,1	26	Sp.	0,7	<1	4,5	0,2	—	—	—	—	0,05	0,11	0,070	18	I	I	V	0,0	10	0,3	40		
41	1	0,31	0,11	0	7	0,2	0,5	4,1	9,0	12	2,03	0,5	0,1	48	Sp.	1,2	<1	2,2	0,5	—	—	—	—	0,10	0,17	0,180	0	I	I	III	0,6	60	1,7	41		
42	1	0,29	0,28	3	23	5,8	8	39,2	40,0	49	4,22	25,5	5,3	33	17,2	11,7	7	3,2	(28)	17,1	—	—	—	1,6	0,48	0,45	0,475	58	I	II	II	6,1	1			



Boden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	Boden	
Nr.	Testzahl	mg/100 g	mg/Liter	$1 \times 10^{-3}$ in Liter	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Dreyspring-Heinz Vorrat kg/ha	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/Liter	mg/100 g	Ps(-)-Zahl	Basiz	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	‰	mg/100 g	P-Zahl	Testzahl	g	g	g	relative ‰				mg/100 g	dz/ha	mg/100 g	Nr.	
	nach Dirks-Scheffler	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	CO <sub>2</sub> n. Puri	n/20 KCl + CO <sub>2</sub> n. Saldel		Laktat n. Egnér	Laktat n. Egnér	Zitronensäure n. König-Hasenbäumer	Zitronensäure n. Lemmermann-Fresenius	Zitronensäure n. Arrhenius	Essig- resp. Zitronen- säure n. Demolon	HCl n. Kirssanoff	HNO <sub>3</sub> n. Bondorff	HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmond	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog	Amalgam n. Herzner	Kataphorese n. Reitenberg	Elektrolyse n. Mattson	rel. Löslichkeit n. Hissink	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> n. Kühn	Methode de Vries	Azotobakter n. Winogradsky-Ziemiańska	n. Kawe	Aspergillus n. Niklas Myzelgewicht			Mikro- Düngungs- Versuch n. Sekera	Azotobakter n. Stückli	Azotobakter n. Winogradsky	Cunninghamella n. Truog	Keimpflanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich			
45	3	2,79	0,78	10	49	8,5	10	18,6	18,5	27	9,6	24,0	10,8	36	24,5	12,8	17	2,3	27	—	—	—	1,2	0,29	0,31	0,420	31	IV	I	I	3,7	160	4,4	45	
46	1	0,22	0,10	1	21	4,4	6	54,0	51,0	100	3,07	9,0	1,6	50	9,8	7,1	1	2,5	(14)	14,9	—	—	—	—	0,50	0,60	0,515	60	I	I	IV	1,2	160	6,2	46
47	1	0,31	0,24	4	19	1,8	4	8,0	9,0	14	2,5	1,5	0,4	28	Sp.	3,4	2	1,5	3	—	—	—	1,0	0,16	0,25	0,350	38	II	II	II	1,3	110	2,9	47	
48	2	1,42	0,45	7	24	6,6	11	15,7	19,0	46	10,45	32,5	14,1	45	33,9	11,9	31	4,1	43	10,5	—	—	—	2,8	0,25	0,31	0,405	34	IV	II	I	5,2	300	8,6	48
49	1	0,38	0,42	5	10	8,1	2	17,4	14,0	20	1,08	7,8	14,9	162	46,6	5,7	34	2,2	37	—	—	—	—	0,24	0,29	0,450	14	III	II	III	—	30	0,8	49	
50	1	0,38	0,32	4	22	6,9	4	29,2	32,5	37	5,05	22,0	4,0	12	17,6	9,2	6	6,1	(11)	28,8	50,1	I	I	—	0,68	0,59	0,545	43	I	II	I	2,4	280	7,1	50
51	5	0,75	—	—	35	6,8	5	22,0	22,0	27	—	19,5	—	4	14,3	7,1	9	—	14	46,3	—	—	—	—	0,49	0,49	0,525	45	II	II	II	2,9	565	14,7	51
52	1	0,38	—	2	15	2,5	4	12,6	14,0	20	3,7	1,3	1,1	72	Sp.	5,9	3	Sp.	8	7,5	22,3	—	0,8	0,22	0,44	0,400	22	I	I	I	1,3	37	2,0	52	
53	2	0,59	—	6	30	11,3	7	48,5	50,0	85	6,0	48,8	8,2	19	33,1	13,3	15	9,2	(22)	36,4	—	1	1	1,07	0,81	0,540	59	IV	II	III	5,7	391	10,5	53	
54	1	0,00	0,14	0	8	1,1	1	6,9	11,0	7	4,4	4,5	0,4	14	Sp.	1,8	1	0,7	2	—	14,5	—	0	1	0,15	0,15	0,280	30	I	I	II	0,5	23	1,0	54
55	1	0,60	0,44	4	22	4,2	3	8,7	9,0	15	4,95	8,5	3,1	47	11,4	7,3	10	6,5	9	9,4	—	—	—	—	0,18	0,22	0,375	16	III	II	II	3,0	172	4,9	55
56	1	0,25	0,13	1	29	1,2	2,5	15,3	20,0	43	3,18	1,3	0,4	40	Sp.	3,7	0	Sp.	2,5	8,0	—	—	—	0,20	0,26	0,395	58	I	I	II	2,0	89	4,8	56	
57	1	0,00	0,20	2	16	1,8	3	8,9	11,0	14	3,25	3,0	0,9	33	Sp.	4,3	2	1,8	3	6,8	—	—	—	—	0,21	0,21	0,355	33	III	II	II	2,9	101	3,3	57
58	1	0,33	—	3	20	3,6	3	13,4	16,0	23	7,65	10,0	2,6	11	10,2	5,0	6	2,9	11	17,9	—	—	—	—	0,27	0,26	0,415	35	III	II	II	2,4	171	4,1	58
59	6	1,43	0,30	10	22	6,1	3,5	13,8	15,0	12	8,0	9,0	3,4	8	10,6	5,9	8	2,3	13	22,4	26,3	2	1	—	0,22	0,27	0,400	46	III	II	IV	4,1	230	6,5	59
60	2	0,68	0,48	6	34	7,2	5	17,2	21,0	30	8,15	17,0	4,5	30	16,8	7,6	10	2,0	17	—	—	—	1	1	0,31	0,32	0,460	41	III	III	II	6,4	482	13,1	60
61	2	0,95	0,49	6	29	5,8	4	15,8	20,0	29	8,12	13,0	3,2	13	10,2	7,8	8	3,8	(11)	25,6	25,7	1	1	—	0,30	0,28	0,415	45	III	?	I	2,8	221	5,9	61
62	1	0,12	0,15	0	12	0,4	1	4,8	10,0	15	0,4	0,0	0,3	55	Sp.	2,1	0	Sp.	1	—	13,4	—	1,2	—	0,07	0,20	0,270	0	I	I	I	0,5	13	0,5	62
63	1	0,00	0,14	2	22	0,8	0,5	5,0	7,0	10	1,2	Sp.	0,4	28	Sp.	2,3	—	2,1	1	3,7	24,3	—	—	—	0,15	0,23	0,350	30	I	I	I	1,0	39	1,3	63
64	3	0,45	0,29	6	23	7,8	5	22,0	30,0	33	8,75	18,0	4,6	6	19,2	6,9	9	7,0	19	—	—	2	1	3,6	0,42	0,36	0,455	41	II	II	II	4,0	238	6,8	64
65	1	0,26	0,15	2	13	2,2	2	9,7	7,0	16	1,30	2,0	0,8	57	Sp.	4,8	2	1,1	2	4,9	51,2	—	—	—	0,15	0,28	0,440	15	I	I	II	3,0	120	4,5	65
66	1	0,37	0,34	2	22	5,9	5	42,0	40,0	55	1,28	10,0	4,1	23	12,3	9,6	8	Sp.	(13)	—	—	0	1	1,0	0,36	0,55	0,505	72	I	?	II	2,2	132	6,4	66
67	4	0,69	0,82	6	24	8,7	6	27,5	35,0	60	8,3	25,5	5,9	15	17,6	10,3	19	1,1	(15)	25,1	—	—	2	—	0,67	0,48	0,455	46	V	III	II	4,0	335	9,0	67
68	5	0,78	0,75	7	26	19,3	11	52,0	57,0	57	2,35	42,5	12,7	19	40,9	25,6	31	3,5	27	—	—	—	—	—	0,73	0,59	0,510	47	II	III	III	6,5	104	2,1	68
69	1	0,00	0,11	2	14	5,0	2,5	16,8	22,0	30	1,85	10,0	4,1	21	7,8	5,9	5	2,8	(5)	—	—	—	—	—	0,28	0,29	0,430	24	I	III	II	1,8	120	3,8	69
70	1	0,09	0,16	3	12	7,0	5	27,8	30,0	29	2,3	22,0	4,4	16	18,0	8,9	7	0,0	(9)	—	—	0	1	—	0,36	0,33	0,465	42	I	II	II	2,4	120	4,2	70
71	5	2,26	0,67	6	34	9,1	6	22,2	28,0	39	18,6	20,0	5,7	20	10,2	11,7	16	5,5	14	—	—	—	—	0,8	0,39	0,36	0,445	41	V	III	II	5,8	500	12,2	71
72	3	0,93	0,53	5	22	6,2	4	17,0	21,0	33	18,4	16,0	5,5	18	12,3	9,4	15	3,4	10	—	—	—	—	1,2	0,31	0,32	0,455	36	IV	III	IV	2,1	310	7,3	72
73	3	0,72	0,38	4	16	5,8	3,5	15,8	20,0	33	9,1	14,5	3,9	14	11,4	7,3	10	4,2	10	—	—	—	—	0,8	0,30	0,31	0,440	36	III	III—II	II	2,7	200	5,1	73
74	3	0,50	0,30	3	15	3,5	2,5	12,4	7,0	23	8,9	10,0	2,8	12	8,2	5,3	8	3,9	7	—	—	—	0	—	0,27	0,25	0,370	38	II	II	I	0,8	130	3,1	74
75	1	0,03	0,41	4	12	2,8	2	8,8	14,0	17	3,55	6,5	1,5	13	Sp.	3,2	5	4,1	4	—	—	—	—	—	0,22	0,22	0,340	33	II	II	II	0,8	80	2,1	75
76	8	4,94	1,08	6	60	15,4	9	29,6	30,0	45	16,6	21,5	8,2	24	20,0	18,8	15	3,4	16	—	36,7	—	III	—	0,50	0,48	0,545	42	V	II	VI	5,5	770	19,7	76
77	1	0,85	0,40	1	21	4,4	3,5	12,8	22,0	33	5,45	11,0	6,3	32	11,9	9,6	12	2,6	10	—	—	—	—	—	0,21	0,25	0,420	30	II	I	I	0,6	90	2,3	77
78	2	0,51	0,48	4	17	5,7	4	21,2	26,0	45	2,38	10,5	3,1	23	7,4	8,0	8	5,6	6	—	—	—	—	—	0,31	0,32	0,465	38	IV	II	III	3,4	270	6,9	78
79	2	0,98	0,72	7	27	9,1	5,5	24,8	27,0	45	6,1	9,5	3,4	46	9,0	20,1	9	3,0	5	17,6	25,1	—	—	—	0,30	0,34	0,450	40	IV	II	IV	5,6	220	5,4	79
80	1	0,84	0,42	6	19	5,3	3,5	14,1	16,0	25	5,15	7,5	2,1	26	5,3	7,6	7	4,2	2	—	—	—	—	—	0,23	0,26	0,400	38	III	III—II	II	2,0	190	2,2	80
81	1	0,62	0,44	3	19	5,8	4	21,6	24,0	45	4,85	11,0	2,8	26	8,2	8,9	9	5,3	5	34,9	—	—	—	—	0,25	0,36	0,455	42	III	II	IV	4,6	200	5,1	81
82	1	2,40	0,58	6	27	10,0	7,5	24,4	28,0	45	18,65	25,0	8,7	47	24,5	9,2	20	1,8	(16)	18,3	—	—	—	—	0,26	0,34	0,400	34	III	III—II	II	1,3	130	3,3	82
83	2	1,52	0,67	5	23	11,4	6	24,6	28,0	45	5,95	17,0	6,1	47	17,2	14,6	15	2,7	(12)	—	—	—	1,6	0,25	0,35	0,435	40	II	II	II	1,5	140	3,6	83	
84	3	0,30	0,50	8	29	11,3	7	27,2	32,0	50	12,4	19,5	4,7	20	14,3	6,2	13	4,3	11	—	—	—	—	—	0,33	0,44	0,430	37	IV	III	IV	8,5	370	9,2	84
85	1	0,00	0,26	3	12	3,9	3,5	19,5	21,0	36	2,1	10,5	2,4	22	7,4	6,2	5	6,9	(5)	—	—	—	—	—	0,28	0,37	0,450	35	IV	I	III	1,6	160	4,1	



Boden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Nr.	Testzahl	mg/100 g	mg/Liter	$1 \times 10^{-3}$ mg Liter	Vorrat kg/ha	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100g	mg/Liter	mg/100 g	PsOs-Zahl	Basiz.	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	%	mg/100 g	P-Zahl	Azotobakter n. Winogradsky-Ziemiańska	n. Kawe	g	g	g	relative %	Azotobakter n. Stöckli	Azotobakter n. Winogradsky	Cunninghamella n. Truog	Keimplanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n.Mitscherlich	Boden Nr.	
	nach Dirks-Scheffer	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	CO <sub>2</sub> n. Puri	n/20 KCl + CO <sub>2</sub> n. Saitel	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Dreyspring-Heinz	Laktat n. Egnér	Laktat n. Egnér	Zitronensäure n. König-Hasenbäumer	Zitronensäure n. Lemmermann-Fresenius	Zitronensäure n. Arrhenius	Essig- resp. Zitronen- säure n. Demolon	HCl n. Kirssanoff	HNO <sub>3</sub> n. Bondorff	HNO <sub>3</sub> n. v. 'Sigmond	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog	Amalgam n. Herzner	Kataphorese n. Reifenberg	Elektrolyse n. Mattson	rel. Löslichkeit n. Hissink	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> n. Kühn	Methode de Vries	Azotobakter n. Winogradsky-Ziemiańska	n. Kawe	Aspergillus n. Niklas Myzelgewicht	Mikro- Düngungs- Versuch n. Sekera	Azotobakter n. Stöckli	Azotobakter n. Winogradsky	Cunninghamella n. Truog	Keimplanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n.Mitscherlich					
91	^1	1,37	0,36	8	17	4,3	4	11,7	20,0	40	6,85	11,5	3,1	17	8,2	7,8	8	6,4	14	—	29,6	0	—	—	0,22	0,28	0,415	41	II	III	III	3,6	180	4,6	91
92	^1	0,86	0,39	5	17	5,6	6	16,5	23,0	38	6,6	18,5	5,3	29	13,9	9,6	12	1,5	26	—	—	II	—	0,22	0,28	0,405	34	II	III	II	1,7	150	4,0	92	
93	^8	2,83	1,07	8	39	12,4	11	32,5	42,0	85	20,2	35,0	9,9	16	22,5	15,1	22	7,7	40	—	52,7	—	—	—	0,52	0,65	0,525	54	IV	IV	IV	9,8	600	15,4	93
94	^1	0,39	0,21	2	14	4,0	4	12,6	21,0	35	2,85	12,0	3,1	14	7,8	7,1	6	3,7	13	—	42,3	—	—	—	0,25	0,30	0,410	43	I	III	II	3,1	120	3,3	94
95	^2	0,54	0,50	4	15	5,7	6	16,5	28,0	51	4,52	21,0	4,5	16	10,6	8,5	9	6,1	22	—	48,8	—	—	—	0,33	0,39	0,465	39	II	III	III	3,6	160	4,1	95
96	^1	0,50	0,35	3	12	3,5	2,5	10,4	16,5	29	2,88	8,0	1,8	20	Sp.	5,7	5	2,2	10	—	—	I	—	0,20	0,25	0,415	35	III	II	III	1,3	130	3,3	96	
97	^1	0,41	0,16	3	14	4,6	4	15,0	22,0	25	2,95	11,0	1,9	10	6,5	6,6	5	4,3	10	—	—	—	—	0,25	0,26	0,440	37	III	II	II	2,2	110	2,7	97	
98	^2	1,31	0,60	10	20	8,6	7	19,0	24,0	58	5,25	11,0	2,8	24	7,4	10,3	6	2,6	9	—	36,3	—	—	—	0,23	0,32	0,425	37	III	II—I	III	3,8	200	4,9	98
99	^2	0,91	0,55	10	17	7,3	8	24,3	33,0	85	4,95	17,8	4,9	17	11,4	13,3	15	8,6	28	21,4	—	—	—	0,37	0,52	0,465	47	V	III	V	4,9	230	5,9	99	
100	^1	0,32	0,20	2	17	3,5	3	14,4	21,0	28	1,6	7,0	1,3	17	Sp.	5,3	2	2,6	9	—	—	I	—	0,21	0,27	0,390	35	I	I	IV	1,8	90	2,1	100	
101	^2	0,95	0,54	6	17	4,3	6	13,1	16,0	40	9,2	8,0	2,6	20	Sp.	7,3	6	3,5	11	—	19,5	—	—	—	0,20	0,26	0,410	40	II	II	II	2,5	150	3,9	101
102	^3	1,99	0,43	7	27	11,1	10	29,4	32,0	66	—	25,0	9,2	22	17,6	20,1	27	7,0	28	—	—	—	—	0,42	0,43	0,470	38	IV	III	IV	4,0	530	13,6	102	
103	^1	0,28	0,18	2	11	2,8	5	12,0	16,0	38	1,8	8,5	1,0	21	Sp.	5,9	3	3,0	5	—	—	—	—	0,16	0,24	0,375	40	II	I	I	0,6	110	2,7	103	
104	^2	1,15	0,55	6	24	6,8	7	20,0	32,0	55	8,9	25,0	7,4	38	14,3	16,5	17	—	20	—	—	—	—	0,19	0,30	0,430	34	III	II	I	4,9	140	3,6	104	
105	^1	0,50	0,32	8	18	6,0	6	24,7	35,0	45	12,5	13,0	3,0	31	9,4	10,1	5	2,7	18	—	—	—	—	0,25	0,34	0,475	36	II	I	III	1,6	140	3,6	105	
106	^2	0,73	0,41	8	13	2,8	3	8,6	11,0	24	5,2	6,0	1,8	26	Sp.	4,8	5	3,1	6	—	—	—	—	0,15	0,22	0,330	29	II	I	IV	2,6	120	2,8	106	
107	^1	0,88	0,44	6	14	3,4	5	13,0	16,5	45	2,7	8,0	2,8	26	Sp.	9,6	5	2,4	7	—	—	I	—	0,17	0,28	0,425	30	II	I	II	0,9	110	2,6	107	
108	^1	0,63	0,25	4	14	3,5	4	15,8	16,0	27	5,45	8,0	2,2	15	6,1	5,3	5	2,7	(10)	—	—	—	—	0,23	0,30	0,470	35	II	I	II	3,1	80	1,9	108	
109	^1	0,29	0,20	4	13	2,7	3	12,3	14,0	18	4,0	6,5	1,7	20	Sp.	6,4	3	2,9	5	—	—	—	—	0,18	0,25	0,445	17	I	II	II	1,1	80	2,1	109	
110	^1	0,39	0,56	4	11	3,7	6	12,1	13,0	38	3,4	5,0	1,0	25	Sp.	5,9	2	6,1	(4)	—	—	—	—	0,15	0,24	0,350	30	II	I	I	1,2	80	2,1	110	
111	^2	0,77	0,72	10	20	7,4	8	12,4	13,0	43	3,6	15,0	6,8	60	15,9	10,3	12	1,8	(22)	—	14,8	—	—	—	0,25	0,33	0,415	27	III	II	IV	3,2	150	3,7	111
112	^3	1,67	1,14	16	27	12,1	12	16,0	17,0	43	5,08	19,0	9,0	51	19,6	16,9	15	2,6	30	—	14,8	—	—	—	0,25	0,34	0,405	29	III	II	III	4,2	250	6,2	112
113	^3	1,04	1,00	16	27	9,0	7	11,5	15,0	28	5,65	20,0	7,3	55	18,0	13,7	14	1,9	26	17,3	14,6	—	—	0,25	0,33	0,410	25	III	I	II	4,4	170	4,2	113	
114	^1	0,64	—	16	23	8,8	12	16,0	20,0	45	4,95	21,0	9,2	68	25,8	14,2	17	2,4	(22)	—	—	—	—	0,35	0,37	0,470	15	III	I	II	3,2	130	3,2	114	
115	^1	0,69	1,26	16	17	6,7	8	22,0	22,0	55	4,6	15,0	7,5	96	28,2	17,9	15	3,6	38	—	14,2	—	—	—	0,38	0,41	0,435	16	II	II	II	1,0	90	2,1	115
116	^9	1,31	1,20	6	35	19,0	11	35,4	42,5	43	39,7	32,0	11,3	10	26,2	22,0	19	5,7	36	—	32,1	3	—	—	0,73	0,42	0,465	47	III	II	III	9,0	640	14,0	116
117	^1	0,27	0,30	3	11	3,7	7	15,8	16,0	47	2,2	6,0	1,2	26	Sp.	8,2	4	4,0	8	—	—	—	—	0,20	0,28	0,440	38	III	I	III	1,3	120	3,1	117	
118	^2	0,43	0,29	5	14	4,2	8	16,0	22,0	73	10,95	10,5	2,8	18	Sp.	7,3	7	5,2	(13)	—	33,4	—	—	—	0,26	0,35	0,430	40	II	I	V	2,6	180	4,6	118
119	^1	1,43	0,58	5	19	9,0	9	19,0	26,0	55	3,9	11,0	5,0	37	9,8	16,5	7	3,8	8	—	20,1	—	III	—	0,22	0,31	0,440	27	IV	II	II	2,9	180	4,9	119
120	^6	1,31	0,50	8	28	8,8	7,5	27,3	28,0	55	10,7	16,0	5,5	14	13,1	11,0	14	3,9	25	—	—	—	—	0,36	0,41	0,490	36	IV	—	III	2,8	240	6,2	120	
121	^2	—	—	2	9	1,6	—	6,0	—	—	3,25	—	1,1	22	Sp.	4,3	3	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	II	—	II	41	1,1	121		
145	—	—	—	2	17	—	—	—	—	—	11,8	—	2,5	—	—	—	—	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—	232	6,0	145	

## Bemerkungen zu den $P_2O_5$ -Ergebnissen.

1. Methode Dirks und Scheffer (10). Testzahlen. Ausgeführt von Goy-Königsberg. 50 g Boden werden in einem 100 cm fassenden Kolben mit 75 cm Lösungsmittel versetzt. Böden mit einer Reaktion des KCl-Auszuges von mehr als pH 7 werden mit einer Kohlensäure-Bikarbonatlösung, saure Böden (pH unter 6) mit ausgekochtem dest. Wasser geschüttelt. Liegt die Reaktion zwischen pH 6 und 7, so sind die Böden mit beiden Lösungsmitteln zu behandeln. Der höhere  $P_2O_5$ -Wert ist in diesem Falle entscheidend. Es wird eine Stunde im Schüttelapparat extrahiert und sofort in 50 cm des Filtrats die Phosphorsäure kolorimetrisch bestimmt. Diese Methode liefert relative Löslichkeitswerte, die in „Testzahlen“ ausgedrückt werden. Eine Testzahl = 0,142 mg  $P_2O_5$  im Liter. Zur Erzielung von Höchsterten sind folgende Testzahlen erforderlich:

Roggen, Hafer . . . . .	4
Weizen, Gerste, Kartoffeln . . .	6
Zuckerrüben . . . . .	8

2.  $CO_2$ -Methode nach Mitscherlich (2). mg  $P_2O_5$  in 100 g. Ausgeführt von E. A. Mitscherlich-Königsberg (Pr). Siehe Seite 24 u. 114. Die Phosphorsäure wurde als Ammoniumphosphormolybdat gravimetrisch bestimmt.
3.  $CO_2$ -Methode nach Puri. mg  $P_2O_5$  im Liter. Ausgeführt von Puri-Lahore. Siehe Seite 52. Die  $P_2O_5$ -Konzentration im Extrakt wurde kolorimetrisch bestimmt. Angaben über das angewandte Boden-Wasserverhältnis wurden nicht mitgeteilt.
4. Methode Th. Saidel (14) mit  $n/20$  KCl +  $CO_2$ .  $1 \cdot 10^{-5}$  g im Liter. Ausgeführt von Th. Saidel-Bukarest. Methode siehe Seite 55. Die erhaltenen Resultate wurden in „Zahlen“ ausgedrückt, bei welchen jede Einheit  $1 \cdot 10^{-5}$  g lösliche Phosphorsäure im Liter bedeutet. Nach den in Rumänien gesammelten Erfahrungen wurden folgende Grenzzahlen aufgestellt:

1	äußerster Mangel an Phosphorsäure in der Bodenlösung
2	sehr großer „ „ „ „ „
3	großer „ „ „ „ „
4	mäßiger „ „ „ „ „
5	schwacher „ „ „ „ „
6	hinreichend versorgt mit „ „ „ „
7	gut „ „ „ „ „
8	„ „ „ „ „
9	reich „ „ „ „ „
10	„ „ „ „ „

>10 sehr reiche Versorgung der Bodenlösung mit Phosphorsäure.



5. Methode Dreyspring-Heinz (32, 33 u. 35).  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CO}_2$ .  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Vorrat in kg/ha. Ausgeführt von *Krügel-Dreyspring*-Hamburg. Methodische Einzelheiten siehe Seite 33.
6. Laktatlösliche Phosphorsäure nach Egnér (40). mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Franck*-Stockholm. 5 g Boden werden in eine gewöhnliche Selterwasserflasche mit Patentverschluß eingewogen. Man gibt 250 ccm Laktatpufferlösung zu und schüttelt bei 20° 2 Stunden im Apparat von *Arrhenius*. In 25 ccm des klaren Filtrats wird die Phosphorsäure kolorimetrisch bestimmt.  
 Laktatpufferlösung: 308,5 g Calciumazetat werden in 2 Liter heißem Wasser gelöst und 1 Gramm-Molekül Salzsäure zugesetzt. Es wird mit Wasser auf 4 Liter verdünnt und einige Tropfen Chloroform zugefügt. Aus dieser konzentrierten Calciumlaktatlösung stellt man sich die Extraktionslösung her, indem man 1 Teil Laktat mit 25 Teilen Wasser mischt. Der analytische Befund wurde auf mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g umgerechnet. Enthält der Boden bis zu 5 mg laktatlösliche  $\text{P}_2\text{O}_5$ , so ist er in allen Fällen phosphorsäurearm, 5–10 bezeichnet einen mittleren  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Gehalt, über 10 einen reichen und mehr als 20 einen sehr reichen.
7. Laktatlösliche Phosphorsäure nach Egnér (40). mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Arrhenius*-Stockholm. Siehe Bemerkung 6.
8. Zitronensäure-Methode nach König-Hasenbäumer (83, 84, 85). mg  $\text{P}_2\text{H}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Balks*-Münster. Für die mit 1%iger Zitronensäure ermittelten  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Mengen gelten folgende Grenzzahlen:
 

mg $\text{P}_2\text{O}_5$ in 100 g Boden	Düngungsbedürfnis.
0–15	stark—sehr stark
15–20	mäßig—mittel
20–25	unsicher
>25	wahrscheinlich nicht vorhanden.
9. Zitronensäure-Methode nach Lemmermann-Fresenius (75). mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *A. T. Kirssanoff*-Moskau. Statt der vorgeschriebenen 80 g Boden wurden nur 5 g angewandt und diese mit 50 ccm 1%iger Zitronensäure geschüttelt. Die Phosphorsäure wurde nach der von *A. T. Kirssanoff* modifizierten *Dénigés*-Methode bestimmt. Ein Boden, der mehr als 25 mg zitronensäurelösliche  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g besitzt, gilt als nicht phosphorsäurebedürftig. Zwischen 20 und 25 mg ist die Beurteilung unsicher. Bei weniger als 20 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g Boden dürfte in den meisten Fällen eine Düngung mit  $\text{P}_2\text{O}_5$  zweckmäßig sein.
10. Zitronensäuremethode nach Arrhenius (44, 45, 46). mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Arrhenius*-Stockholm. 5 g Boden (bei 105° C getrocknet) werden mit 50 ccm 2%iger Zitronensäure 48 Stunden geschüttelt. 5 ccm des Filtrats in 100-ccm-Kölbchen pipettiert und mit Wasser auf ca. 80 ccm verdünnt. Man setzt nacheinander 10 ccm Molybdänschwefelsäure (250 g Ammoniummolybdat werden in ca. 5 Ltr. Wasser gelöst. Zu ca. 3,5 Ltr. Wasser gibt man 1,75 Ltr. konzentrierte  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und kühlt. Die beiden Lösungen werden zusammengegossen und auf 10 Ltr. aufgefüllt) und

2 ccm Hydrochinon-Natriumsulfitlösung zu (250 g krist. Natriumsulfit und 5 g Hydrochinon werden in 2 Ltr. Wasser gelöst. Kein Zusatz von Schwefelsäure. Diese Lösung hält sich verschlossen ca. 1 Woche). Es wird mit Wasser auf 100 ccm aufgefüllt, umgeschüttelt, 6 Stunden in ein Wasserbad von 50° C gestellt, 12 Stunden bei Zimmertemperatur stehengelassen und dann mit einer Skala verglichen, die mit Lösungen von bekanntem Phosphatgehalt ähnlich hergestellt wird. Die gefundenen Werte werden auf mg  $P_2O_5$  je 100 g Boden umgerechnet.

11. Essig- resp. Zitronensäuremethode nach Demolon (48). mg  $P_2O_5$  im Liter. Ausgeführt von Demolon-Versailles. Näheres darüber siehe Seite 51.
12. Salzsäuremethode nach Kirssanoff (49 u. 76). mg  $P_2O_5$  in 100 g. Ausgeführt von A. T. Kirssanoff-Moskau. Ein Teil Boden wird mit 5 Teilen 0,2 n HCl 1 Stunde geschüttelt, 1 Stunde stehen gelassen und anschließend filtriert. Die Phosphorsäure wird nach der von Kirssanoff modifizierten Dénigès-Methode wie folgt bestimmt: 5 ccm des HCl-Auszuges werden mit 5 ccm Molybdatreagens (0,5 g Ammoniummolybdat in n/1 HCl gelöst) versetzt und mit einem Zinnstäbchen (3 mm Durchmesser, 7 cm lang) bis zur Konstanz der Farbe behandelt. Als Vergleichsskala dient  $CaHPO_4$ , das in 0,1 n HCl gelöst wird.
13. Salpetersäuremethode nach Bondorff (51). Phosphorsäurezahlen. Ausgeführt von Bondorff-Lyngby. Das Resultat wird als eine „Phosphorsäurezahl“ ausgedrückt. Die „Phosphorsäurezahl“ eines Bodens ist gleich der Menge in mg von  $PO_4$ , die in Lösung geht, wenn man 40 g Boden 2 Stunden mit 1 Ltr. verdünnter Salpetersäure schüttelt und die Stärke der Salpetersäure so wählt, daß die Schlußazidität 2,5 pH entspricht. Zu diesem Zweck werden 3 Bodenproben mit Salpetersäure wechselnder Konzentration geschüttelt und in den 3 Lösungen sowohl pH als auch Phosphorsäure bestimmt. Durch Interpolation wird dann die „Phosphorsäurezahl“ gefunden. Auf Grund von 2000 Düngungsversuchen in Dänemark konnte festgestellt werden, daß eine Phosphorsäurezahl niedriger als 5 mit bedeutendem Mehrertrag für alle Pflanzen bei Superphosphatdüngung abschneidet. Bei Phosphorsäurezahlen über 10 ist Superphosphatwirkung eine seltene Ausnahme. Bei Phosphorsäurezahlen zwischen 5–10 hängt die Superphosphatwirkung von Pflanzenart und anderen Faktoren ab.

Durchschnittliche Wirkung in den Versuchen  
von 200 kg Superphosphat je Hektar.  
Mehrertrag in kg Korn oder dz Rüben und Gras.

Frucht	Phosphorsäurezahl							
	0–2	2–4	4–6	6–8	8–10	10–12	12–14	14–16
Gerste	150	150	80	60	50	45	40	—
Runkelrüben	30	28	20	14	8	4	1	—
Kohlrüben	29	31	25	9	4	1	0	—
Gras	17	15	10	7	5	4	3	1



Diese Resultate fußen nur auf dänischen Verhältnissen. *Bondorff* betont noch insbesondere, daß die Superphosphatwirkung bei gegebener Phosphorsäurezahl von den Witterungsverhältnissen und von anderen Nährstoffen, besonders Stickstoff, abhängig ist. Je größer die zur Verfügung stehenden Stickstoffmengen sind, um so größere Superphosphatwirkung ist in den Versuchen — bei sonst konstanten Bedingungen — zu beobachten. Wir dürfen deshalb die dänischen Versuche nicht verallgemeinern.

14. Salpetersäuremethode nach v. *Sigmond* (23). mg  $P_2O_5$  in 100 g Basizität. Ausgeführt von v. *Sigmond*-Budapest. 800 ccm des Filtrats = 20 g Boden (die Gewinnung siehe Bemerkung Seite 115) werden in einer Porzellanschale eingedampft, der Rückstand in einer kleinen Porzellanschale auf dem Wasserbade verdampft und im elektrischen Ofen bei mäßiger Rotglut zweieinhalb Stunden geglüht, um Kieselsäure und Eisen in unlöslicher Form abzuscheiden. Der Rückstand wird zuerst vorsichtig mit konzentrierter  $HNO_3$  aufgelöst und zur Trockne verdampft, dann mit heißem Wasser und einigen Tropfen konzentrierter  $HNO_3$  aufgenommen und in einen 125 ccm Normalkolben übergespült. Kalkmilch wird bis zur alkalischen Reaktion (Phenolphthalein) zugesetzt und der Kolben mit dest. Wasser bis zur Marke aufgefüllt. Nach mehrstündigem Stehen und öfterem Umschütteln wird filtriert. Im Filtrat befindet sich das Kali, im Niederschlag die Phosphorsäure. Der Niederschlag wird in Lösung gebracht, indem man 5 ccm konzentrierte  $HNO_3$  in das leere Kölbchen füllt, heißes Wasser zusetzt und mit dieser Mischung das Filter berieselt. Das Filtrat wird zweckmäßigerweise in demselben 125 ccm Normalkölbchen aufgefangen und das Filter mit heißem Wasser gründlich gewaschen. Die Phosphorsäurebestimmung wurde auf gravimetrischem Wege nach der Methode *Lorenz*, wie auch kolorimetrisch ausgeführt.

Die Bestimmung des Basizitätsgrades. Der Basizitätsgrad des Bodens ist die Zahl ccm n/1 Salpetersäure, welche 100 g Boden gerade zu neutralisieren vermag. Zwecks Bestimmung desselben werden von karbonatfreien Böden 25 g, von karbonathaltigen 5 g abgewogen, in einem 500 ccm Erlenmeyerkolben mit etwa 100 ccm dest. Wasser + 20 ccm n/1  $HNO_3$  versetzt und aufgeköcht. Ist die Flüssigkeit noch nicht sauer, dann setzt man weitere 20 ccm n/1  $HNO_3$  zu und kocht von neuem auf. Dies wird so oft wiederholt, bis die Bodenlösung sauer reagiert. Ist die Lösung sauer, wird der Inhalt des Kolbens abgekühlt, in einen 500 ccm Normalkolben gebracht und bis zur Marke mit dest. Wasser aufgefüllt. Ein Bruchteil des Filtrats wird mit n/10 NaOH titriert und aus dem Ergebnis die durch den Boden neutralisierte Säuremenge mittels folgender Formel berechnet:

$$\text{Basizitätsgrad} = \left( S \cdot f_s - \frac{a \cdot f_1}{n \cdot 10} \right) \cdot \frac{100}{b}$$

S = die verbrauchte n/1 Salpetersäure in ccm.

$f_s$  = die Konzentration (Faktor) derselben.

a = die Zahl der verbrauchten n/10 Natronlauge in ccm.

n = der zur Titration verwandte Bruchteil des Filtrats (zweckmäßigerweise 1/10) und

b = die abgewogene Bodenmenge.

Es hat sich gezeigt, daß, je größer die Basizität des Bodens ist, um so geringer die Aufnehmbarkeit der Phosphorsäure durch die Pflanze wird. Bei gleicher Endazidität wird in karbonathaltigen Böden verhältnismäßig mehr Bodenphosphorsäure gefunden als in den kalkarmen. Hieraus folgt, daß für die verschiedenen Basizitätsgrade verschiedene Grenzzahlen für Phosphorsäure, wie aus folgender Zusammenstellung zu ersehen ist, aufgestellt werden müssen.

Gruppe	Basizitätsgrad	Phosphorsäuregehalt in mg je 100 g Boden
1	bis 22	6
2	22—45	30
3	45—70	45
4	70—300	60
5	>300	70

Enthält ein Boden weniger  $\text{HNO}_3$ -lösliche Phosphorsäure, als dem Grenzwert je nach Basizitätsgrad entspricht, so ist er als sicher düngedürftig zu erachten. Enthält der Boden mehr Phosphorsäure, als der Grenzzahl der Gruppe entspricht, jedoch weniger als 75 mg in 100 g, dann ist sein Düngerbedarf zweifelhaft. Sicher nicht  $\text{P}_2\text{O}_5$ -bedürftig sind — unabhängig vom Basizitätsgrad — diejenigen Böden, welche mehr als 75 mg lösliche  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g enthalten.

15.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Methode nach Truog (81 u. 82). mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Truog-Madison*. Zu 0.02 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gibt man 3 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  oder  $\text{K}_2\text{SO}_4$  pro Liter, so daß die Lösung einem pH-Wert von ca. 3 entspricht. 2 g Boden werden mit 400 ccm Schwefelsäure in einem Erlenmeyerkolben gemischt und  $\frac{1}{2}$  Stunde geschüttelt. In 50 ccm des klaren Filtrats wird die Phosphorsäure kolorimetrisch bestimmt.
16. Amalgamverfahren nach Herzner (25). mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Herzner-Wien*. Methodisches siehe Seite 52.
17. Kataphoretische Methode nach Reifenberg (54). mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Reifenberg-Jerusalem*. Methodisches siehe Seite 52.
18. Elektrodialyse nach Mattson. mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Mattson-Ultna/Uppsala*. Methodisches siehe Seite 53.
19. Relative Löslichkeit der Phosphorsäure nach Hissink (86). In %. Ausgeführt von *D. J. Hissink-Groningen*. 12.5 g Boden werden 5 Stunden auf kleiner Flamme in einer Platinschale geglüht, dann in einem 250-ccm-Kolben geschüttelt und mit 150 ccm 12.5%iger  $\text{HNO}_3$  75 Minuten in einem Glyzerinbade bei  $105^\circ \text{C}$  erhitzt. Nach dem Kochen wird etwas kaltes Wasser, dann 5 ccm konzentrierte  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hinzugefügt und rasch abgekühlt. Das Kölbchen wird bis zur Marke mit Wasser aufgefüllt, gemischt und filtriert. In 50 ccm des Filtrats wird die Phosphorsäure nach *Lorenz* bestimmt und daraus die sogenannte „Totalphosphorsäure“ berechnet. In einer



2. Probe wird die zitronensäurelösliche Phosphorsäure nach *Lemmermann* festgestellt. Durch die „relative Löslichkeit“ wird der prozentige Anteil der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure im Verhältnis zur Totalphosphorsäure zum Ausdruck gebracht.
20. Ammoniumkarbonat-Methode nach *Kühn*. mg  $P_2O_5$  in 100 g. Ausgeführt von *Stefan Kühn*-Budapest. 5.5 g lufttrockener Boden werden in einer Stohmannflasche mit 1 Ltr. 10%igem Ammoniumkarbonat (puriss.) an zwei aufeinander folgenden Tagen je zwei Stunden in der Rotiermaschine extrahiert. 900 ccm des Filtrats (= 5 g Boden) werden in der Porzellanschale auf dem Wasserbade eingedampft, der Eindampfrückstand in wenig Salpetersäure gelöst und in eine kleine Porzellanschale mit dest. Wasser quantitativ übergespült, einige Tropfen Perhydrol zugesetzt und aufs neue eingedampft. Die Salpetersäure-Perhydrol-Behandlung wird so lange wiederholt, bis der Rückstand in verdünnter Salpetersäure eine vollkommen klare, oder durch Eisen höchstens gelblich gefärbte Lösung ergibt. Der eingedampfte Rest wird in 10 ccm  $HNO_3$  (spez. Gewicht = 1.4) auf 1 Ltr. mit Wasser verdünnt. Diese Lösung wird in ein Becherglas filtriert und das Filter dreimal mit je 5 ccm heißem dest. Wasser nachgewaschen. Das Filtrat wird auf 75° C erwärmt und die Phosphorsäure mit 10 ccm 5%iger Ammoniummolybdatlösung gefällt. Nach ein- bis zweitägigem Stehen wird filtriert, nach der Behandlung mit wasserfreiem Azeton und Vakuumtrocknung gewogen. Die Niederschlagsmenge wird mit dem Faktor 0.685 ( $0.03425 \cdot 20$ ) multipliziert, um die mg  $P_2O_5$  auf 100 g Boden umzurechnen.
21. P-Zahl nach der Methode de Vries (59). P-Zahl = 0.01 mg  $P_2O_5$ . Ausgeführt von *de Vries*-Groningen. 5 g lufttrockener Boden werden in einem Erlenmeyerkolben mit 50 ccm dest. Wasser versetzt und nach zweimaligem Umschütteln 24 Stunden bei 50° C stengelassen. 10 ccm der klaren Lösung werden abpipetiert, mit 1.5 ccm konz.  $H_2SO_4$  zum Sieden gebracht und mit 0.02 n  $KMnO_4$  versetzt, bis die braune Humusfarbe der Bodenlösung verschwunden ist. Der entfärbten Lösung werden ca. 70 ccm Wasser, 5 ccm Molybdänlösung\* und 5 ccm Hydrochinon-Natriumsulfitmischung\*\* zugesetzt. Nach 24stündigem Stehen bei 50° C werden die Lösungen in Nesslerröhrchen überführt, mit Wasser auf 100 ccm aufgefüllt und die Farbe an einer Testlösungsreihe, die in derselben Weise behandelt wird, gemessen. Eine „Einheit P-Zahl“ = 0.01 mg  $P_2O_5$  in 1 Gramm Boden.
22. Azotobakter-Platten-Methode nach *Winogradsky-Ziemiańska* (55). Ausgeführt von *J. Marszewska-Ziemiańska-Pulawy*. Düngung: ungedüngt, + Ca, + P, + (Ca + P). Durch Vergleich der Vegetation bei 30° C Bruttemperatur und 1%igem Mannit wird nach 48 Stunden die Düngebedürftigkeit beurteilt. Die

\* 125 g Ammoniummolybdat in 500 ccm Wasser lösen, 575 ccm konz.  $H_2SO_4$  zusetzen und auf 1 Ltr. mit Wasser auffüllen.

\*\* a) 0.2%ige Hydrochinonlösung, der 1 Tropfen konz.  $H_2SO_4$  zugesetzt wird.

b) 1%ige Natriumsulfitlösung.

a und b werden im Volumenverhältnis 1:1 gemischt.

lufttrockenen Proben können nach dieser Methode nicht mehr mit Sicherheit untersucht werden.

- I = sehr bedürftig  
 II = bedürftig  
 III = mittelmäßig  
 IV = gut  
 V = sehr gut.

25. Methode nach Kawe. Testzahlen (62). Ausgeführt von *Kawe*-Leipzig. Die Phosphorsäure wurde im Extrakt mit der Bodenlösung (siehe Seite 116) kolorimetrisch nach *v. Wrangell* (41) bestimmt. Eine Testzahl = 0.142 mg  $P_2O_5$  im Liter. Die Testzahl ist der Maßstab für die leichtlösliche Phosphorsäure. Der Grenzwert für die Phosphorsäure wurde auf Test 6.0 festgesetzt.
24. Aspergillus-Methode nach Niklas (57, 58). Myzelgewicht in g. Ausgeführt von *H. Niklas*-München. Für die Untersuchung auf Phosphorsäure werden zwei Kontrollen mit je 2.5 g Boden und, wenn möglich zwei weitere Kontrollen mit je 7.5 g Boden verwendet. Die Nährflüssigkeit hat eine ähnliche Zusammensetzung wie bei der Prüfung auf Kali (siehe Seite 117). Die Phosphorsäure wird durch eine 0.02%ige  $K_2O$ -Lösung als Kaliumsulfat ersetzt. Im übrigen wird hier ähnlich verfahren, wie dies beim Kalium schon angedeutet wurde.
25. Aspergillus-Methode nach H. Niklas. Myzelgewicht in g. Ausgeführt von *Smith*-Edinburgh. 5 g Boden angewandt, im übrigen nach der Technik von *Niklas* bestimmt.
26. Aspergillus-Methode nach H. Niklas. Myzelgewicht in g. Ausgeführt von *Baeyens*-Louvain. Nach der Vorschrift von *Niklas* durchgeführt.
27. Der Mikrodüngungsversuch nach *Sekera* (8, 61). Relative %. Ausgeführt von *Sekera*-Wien. Der Mikrodüngungsversuch ist nach dem Schema P-PK-K aufgebaut. Drei Schalen, die je 5 cm Boden enthalten, werden mit Kali, Phosphorsäure oder beiden Nährstoffen gedüngt. Außerdem enthalten die drei Nährlösungen Stickstoff, Saccharose und Tannin als C-Quellen. Die Aussaat des Aspergillus erfolgt durch Bestreuung der Bodensuspension mit einem gebrauchsfertigen Impfpulver. Nach einem Aufenthalt von 2–3 Tagen in einem Thermostat bei 35°C werden die Myzeldecken geerntet, getrocknet und gewogen. Das relative Gewicht der Myzelernnten ergibt den Maßstab für die Düngewirkung des Kalis und der Phosphorsäure. Die Auswertung erfolgt nach dem folgenden Notensystem:

Relative Ernte d. P-Mangelmyzels %	Note d. Düngewirkung	Phosphorsäurewirkung	
		Rüben, Mais, Luzerne Erbse, Wicke, Bohne	Kartoffel, Getreide Rotklee, Lupine
> 60	0	In den nächsten 3–4 Jahren keine	
50–60	1	schwach	keine
40–50	2	mäßig	schwach
30–40	3	stark	mäßig
< 30	4	sehr stark	stark



Bei unbekannten Standortverhältnissen:

Note:

0 nicht bedürftig

1 u. 2 bedingt bedürftig

3 u. 4 bedürftig.

28. Azotobakter-Methode nach Stöckli (63 u. 64). Ausgeführt von A. Stöckli-Zürich. Viermal je 50 g Boden werden mit 2,5 g Maisstärke gemischt. Die erste Probe bekommt keinen weiteren Zusatz, die zweite erhält 25 mg  $P_2O_5$  als Superphosphat, die dritte 25 mg  $P_2O_5$  in Form von Dicalciumphosphat, die vierte Probe bekommt die doppelte Menge Superphosphat. Böden mit einem pH-Wert unter 7 werden durch einen Zusatz von 3 g  $CaCO_3$  neutralisiert. Als Impfmateriel werden 2 g azotobakterhaltiger Erde verwendet. Böden, die mehr als 400 Keime im g enthalten, wurden nicht geimpft. Jeder Probe wurde solange Leitungswasser beige-mischt, bis sie eine knetbare Masse bildete. Diese wurde in kleine Glasschalen eingestrichen und die Oberfläche bei schwacher Wölbung gut geglättet. Die Proben werden in eine feuchte Kammer gebracht und 72 Stunden bei einer Temperatur von 30° C bebrütet. Während dieser Zeit entwickelt sich eine mehr oder weniger starke Azotobakterkahn. Ein Vergleich mit der ungedüngten, mit der einfach und der überdüngten Probe gibt den Anhaltspunkt für die Beurteilung der Düngebedürftigkeit des Bodens.
29. Azotobakter-Methode nach Winogradsky (59). Ausgeführt von Keller-Wien. Siehe Seite 60. Diese Bestimmungen wurden ähnlich ausgeführt wie in Bemerkung 27 beschrieben. 25 g Boden wurden mit 1,5 g Maisstärke und 1 ccm Impfsuspension (durch Glaswolle filtriert) gemischt. Einer Serie der Teilproben werden 0,5 ccm n/4 NaOH, der anderen 2,5 ccm einer 6%igen  $Na_2HPO_4$ -Lösung zugesetzt. Die Brut wurde nach 48 und 72 Stunden beurteilt.
30. Cunninghamella-Methode nach A. Mehlich (55), E. B. Fred und E. Truog. Ausgeführt von Truog-Madison. 50 g Boden werden in einer Schale mit 10–15 ccm Nährlösung II versetzt:

Lösung I	Lösung II
10.0 g $K_2SO_4$	2.5 g Glukose
5.0 g $MgSO_4 + 7$ aq	0.5 g Asparagin
0.05 g $Fe_2SO_4 + 7$ aq	0.1 g l-Asparaginsäure
0.05 g $ZnSO_4 + 7$ aq	0.5 ccm der Lösung I
100 ccm dest. Wasser	100 ccm dest. Wasser

Der Boden darf nicht so stark angefeuchtet werden, daß die Flüssigkeit abläuft. Nach gutem Durchmischen wird er auf zwei kleine Petrischalen von  $5 \times 1$  cm verteilt und die Oberfläche gut geglättet. Mit einer Drahtöse wird ein Tropfen einer Sporenaufschwemmung von Cunninghamella als Impfmateriel in den Mittelpunkt der Schale gebracht. Die Brut dauert 48 Stunden bei 28° C. Der Durchmesser der sich entwickelnden Pilzkolonie ist dem Gehalt an aufnehmbarer Phosphorsäure direkt proportional. Wenn der Diameter des Pilzes nicht mehr als 4 mm erreicht bei einer Probe, die mit 5 mg  $P_2O_5$  gedüngt wurde, so gibt dieses einen starken  $P_2O_5$ -Bedarf an.

51. Die Keimpflanzenmethode nach Neubauer (65, 66 u. 67). mg  $P_2O_5$  in 100 g Boden. Ausgeführt von Neubauer-Dresden. Wie auf Seite 118 bereits beschrieben. Die Grenzzahlen für Phosphorsäure liegen für die verschiedenen Kulturpflanzen nach Neubauer zwischen 4 und 7 mg  $P_2O_5$  je 100 g Boden.
52. u. 53. Die Gefäßmethode nach Mitscherlich (68). Ausgeführt von E. A. Mitscherlich-Königsberg (Pr). Wie auf Seite 118. Statt der kalifreien Vegetationsversuche werden solche ohne Phosphorsäuredüngung angestellt.





Tabelle IV  
Ergebnisse der Ergänzungs-Methoden.

Boden Nr.	1 Mechanische Zusammensetzung	2 Boden- klassifikation	3 Hygroskopizität %	4 Humusgehalt nach der Bichromat- Methode %	5 Glühverlust %	6 Tongehalt %	7 Neutralisations- zahl	8 S nach Kappen	9 H nach Bredfeld	pH <sub>u</sub> , H <sub>2</sub> O	10 Eintauschvermögen bis pH 7,0 mval/100 g	Basen mval/100 g	11 Umtauschbares Calcium (Ca <sub>1</sub> )	12 Umtauschbares Calcium mit Ca CO <sub>3</sub> (Ca <sub>2</sub> )	13 CaCO <sub>3</sub> %	14 Fe mg/100 g	15 Mn
1	LL	8	8,1	3,6	6,6	32,2	25,2	27,3	3,9	3,4	25,4	35	22,8	24,6	0,0	16	I
2	L	7	4,1	2,4	4,0	13,8	14,8	16,2	2,8	3,9	10,8	17	12,0	12,1	0,0	30	I/II
3	L	7	4,8	3,2	4,4	20,6	19,0	19,3	1,9	3,8	12,2	22	14,0	15,0	0,0	20	I/II
4	sL	3/2	3,6	3,0	4,0	8,7	17,2	16,7	2,6	3,7	9,6	18	11,6	12,4	0,2	20	O
5	T	8	7,8	3,4	6,7	11,5	47,5	45,4	0,0	(3,6)	19,4	47+	21,0	22,4	0,9	15	II
6	IS	7	3,9	2,0	3,6	16,0	31,7	32,5	0,0	(4,0)	8,8	35+	15,2	14,7	0,9	24	II
7	LL	7	4,8	3,1	5,0	13,9	39,1	39,5	0,0	3,5	12,8	48	14,0	15,2	0,8	20	III
8	LL	8	8,9	5,8	8,5	29,8	49,5	42,0	0,0	3,4	25,2	67	21,4	24,0	0,6	8	I/II
9	IS	2/3	3,2	4,7	4,8	9,3	15,7	17,6	2,6	4,1	7,1	20	10,6	9,7	0,0	13	I
10	L	8	7,0	4,2	6,4	25,3	23,7	23,8	5,9	3,6	20,0	28	20,8	25,2	0,0	20	I
11	sL	7	4,7	3,0	5,6	19,1	23,2	25,0	0,9	3,6	12,2	24	16,0	17,0	0,1	20	II
12	LL	7	5,6	4,5	6,5	18,3	14,4	14,8	8,3	3,6	15,8	17	13,2	17,2	0,2	40	O
13	sL	3/2	2,8	2,7	4,5	8,9	13,0	11,5	3,9	4,2	7,1	12	8,0	10,2	0,1	10	I
14	sL	3/2	4,0	3,3	4,6	15,8	17,0	14,8	7,0	3,6	11,6	16	11,6	14,2	0,1	25	O
15	LL	8	6,5	2,5	5,4	25,7	31,0	30,0	1,5	3,6	18,4	34	20,8	22,2	0,2	35	II
16	IS	3/2	2,3	1,6	3,0	5,8	13,0	11,0	0,9	3,8	7,0	14	7,2	8,0	0,2	27	I
17	sL	3	3,9	2,6	4,9	14,6	12,4	12,2	9,8	3,9	10,2	—	7,0	—	0,0	60	I
18	T	7	6,6	3,9	6,6	33,3	9,3	9,4	15,9	4,0	14,6	10	1,6	16,2	0,0	55	O
19	L	6	9,6	7,1	10,6	27,8	12,5	10,8	20,7	3,9	20,6	13	10,9	19,2	0,0	150	O
20	LL	7	4,1	2,1	3,9	20,7	14,2	15,3	6,3	3,9	8,5	17	5,7	9,0	0,0	45	II
21	L	2/3	6,3	5,5	10,8	8,9	43,0	40,0	5,0	3,1	25,0	46	20,7	21,2	0,3	Sp	I
22	L	3/2	3,5	3,2	5,0	2,3	20,0	19,0	3,8	3,8	12,6	18	12,5	15,5	0,0	10	II
23	LL	3	4,4	3,3	6,3	16,4	20,0	19,5	3,9	3,8	14,5	19	12,7	16,9	0,0	10	II
24	IS	3/2	2,6	0,9	2,4	8,8	7,0	8,5	3,5	3,8	5,9	8	3,6	5,9	0,0	8	O/I
25	L	6	5,1	3,1	5,8	15,4	29,0	29,6	0,0	3,6	15,6	32	16,0	17,2	0,3	40	III
26	LL	7	5,7	3,2	6,1	19,6	15,0	17,5	6,2	3,7	13,6	17	8,1	12,7	0,0	125	III
27	L	3	3,6	2,4	5,4	12,0	40,5	42,5	0,0	3,9	8,8	47	9,3	11,1	1,2	20	III
28	L	3	2,9	1,9	4,8	11,9	10,5	11,0	3,8	4,2	7,8	10	2,3	7,2	0,0	15	III
29	ILL	3	3,5	2,7	6,4	10,9	98,0	br.	0,0	(7,3)	(0,8)	77+	10,2	8,4	4,0	0	III
30	L	7	6,9	1,5	5,1	18,8	23,0	21,6	5,2	3,9	15,3	19	11,2	14,3	0,0	60	II
31	IL	3/4	2,4	1,1	3,3	8,3	7,0	7,2	4,5	4,3	5,6	6	1,5	4,1	0,0	20	II
32	LL	8	7,0	1,8	7,7	22,9	17,0	17,8	5,0	3,6	16,6	18	9,7	11,9	0,0	13	III
33	ILL	4	4,3	2,1	7,6	16,0	98,0	br.	0,0	(7,4)	(3,2)	100+	13,0	13,0	4,2	0	II
34	IS	2	2,4	4,6	5,2	6,9	2,5	2,8	11,1	3,8	8,5	4	—	—	0,0	35	O
35	sL	6	4,8	2,4	5,3	22,8	8,0	9,2	11,4	3,5	14,6	11	4,6	9,2	0,0	45	V
36	IS	2/3	2,5	3,7	4,9	5,4	3,5	2,8	13,5	3,8	9,8	4	—	—	0,0	70	O
37	SL	2/3	5,5	3,6	6,5	8,0	33,0	34,4	0,0	3,3	14,6	34	11,2	12,0	0,2	30	III
38	SL	3/4	3,7	2,2	5,5	9,6	43,0	44,2	0,0	3,9	8,5	44	10,0	8,5	1,6	25	III
39	L	3/4	3,8	1,9	4,1	12,8	14,0	15,8	2,8	3,5	9,2	17	6,8	5,8	0,0	20	III
40	LL	—	15,6	6,6	21,2	47,0	13,5	10,0	23,6	4,4	14,4	2	7,8	20,5	0,0	11	O/I
41	T	...	18,9	4,3	12,2	48,3	18,8	13,9	14,6	—	—	9	12,0	21,2	0,0	5	V
42	LL	...	6,0	5,1	7,8	19,1	7,4	8,7	14,8	4,1	16,3	11	7,0	13,1	0,0	11	I/II
43	T	...	4,9	2,6	5,2	21,3	13,3	13,7	6,6	3,5	16,2	18	4,6	10,4	0,0	8	IV
44	IL	6	4,7	2,3	5,1	14,6	58,8	18,0	0,0	(3,9)	12,2	47+	10,0	10,4	2,1	5	I
45	sL	3	3,5	2,5	4,1	5,2	26,6	27,4	2,2	3,7	10,5	42	6,3	7,6	0,2	20	I/II
46	LL	8	12,7	10,4	15,2	51,7	7,4	8,4	29,5	4,0	35,2	11	11,2	33,2	0,0	115	I



Boden Nr.	1 Mechanische Zusammensetzung	2 Boden- klassifikation	3 Hygroskopizität %	4 Humusgehalt nach der Bichromat- Methode %	5 Glühverlust %	6 Tongehalt %	7 Neutralisations- zahl	8 S nach Kappen	9 H nach Bredfeld	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	10 Eintauschvermögen bis pH 7,0 mval/100 g	Basen mval/100 g	11 Umtauschbares Calcium (Ca <sub>1</sub> )	12 Umtauschbares Calcium mit Ca CO <sub>3</sub> (Ca <sub>2</sub> )	13 CaCO <sub>3</sub> %	14 Fe mg/100 g	15 Mn
47	LL	8	7,2	3,5	7,2	27,4	13,3	13,2	10,4	3,6	19,7	16	9,2	16,9	0,0	50	I
48	L	8	9,2	5,0	8,6	27,6	29,3	28,6	8,2	3,3	34,0	33	25,4	26,2	0,0	5	III
49	LL	9	11,8	5,0	10,6	26,8	72,0	48,4	0,0	(3,5)	32,7	140+	32,2	38,1	3,5	0	III
50	sL	3/2	1,7	2,1	3,1	6,2	2,5	2,2	8,3	4,5	5,6	4	0,8	5,4	0,0	12	I
51	IS	2/3	0,7	0,9	1,5	—	49,5	20,6	5,1	4,4	3,0	2	—	—	0,0	12	O
52	sL	11/6	15,7	14,9	23,7	—	74,6	48,2	6,8	(3,6)	44,0	78+	—	—	0,0	8	V
53	sL	2/3	2,0	3,0	3,5	—	2,8	2,8	8,9	4,3	7,0	5	—	—	0,0	25	I
54	IS	2	3,1	8,2	6,5	7,9	4,5	4,3	12,0	4,1	7,4	5	2,2	10,8	0,0	40	O
55	L	8	7,3	2,0	5,3	24,9	34,3	23,2	0,0	3,6	18,8	39	18,9	20,2	0,5	10	II
56	LL	8	13,5	9,6	15,3	31,0	12,0	18,7	26,4	3,6	27,3	21	18,4	30,2	0,0	25	II
57	flL	4/5	4,1	2,7	5,2	10,9	7,5	7,3	9,1	4,0	11,0	10	6,6	9,6	0,0	14	II
58	sL	3	1,5	1,1	2,0	—	2,5	2,2	6,6	4,0	5,0	4	—	—	0,0	10	I
59	IS	3/2	2,6	5,3	5,7	5,4	15,5	4,4	9,3	3,6	10,0	7	—	—	0,0	25	O
60	L	3	2,1	1,5	2,6	11,7	2,5	3,4	7,3	3,9	6,5	4	2,4	5,0	0,0	12	II
61	sL	2/3	2,7	2,2	2,4	10,5	7,0	7,8	5,0	3,5	8,3	11	7,0	10,0	0,0	32	O/I
62	LL	8	12,7	7,7	13,4	30,1	34,7	31,5	0,0	3,4	34,0	33	—	—	0,0	1	I/II
63	S	2/3	6,8	5,8	6,9	12,2	9,0	14,9	10,9	3,4	17,2	15	15,6	20,0	0,0	35	V
64	IS	2/3	1,5	2,5	3,0	5,7	0,0	1,0	7,9	3,8	5,2	2	—	—	0,0	17	O
65	LL	9	12,4	7,5	13,8	39,0	33,5	30,5	0,0	(4,1)	33,3	37+	33,7	34,2	0,0	Sp	III
66	IS	11/2	10,6	12,8	21,1	12,5	22,2	21,6	21,6	3,7	29,4	28	20,8	27,6	0,0	32	III
67	sL	2/3	2,7	2,7	3,2	9,6	4,8	5,2	7,5	3,7	9,3	7	4,6	8,2	0,0	36	O
68	sL	2/3	3,2	5,4	6,3	7,8	6,5	6,7	10,2	3,5	11,2	11	8,3	9,8	0,3	15	O
69	flL	3	3,8	3,5	5,1	9,0	6,5	6,2	10,4	3,8	11,3	9	6,1	10,4	0,0	40	O
70	sL	2/3	2,5	4,2	4,5	8,7	7,0	3,7	9,3	3,9	8,8	7	3,4	8,3	0,0	9	I
71	L	3/2	2,9	1,9	3,4	12,5	8,8	10,3	4,0	3,6	8,4	12	6,4	9,0	0,0	30	I/II
72	L	3/2	2,7	1,3	3,3	13,9	7,5	8,8	4,0	3,6	8,4	13	6,4	9,0	0,0	25	I
73	sL	3/2	2,7	2,3	3,8	11,1	4,5	7,0	8,7	3,4	10,5	9	1,4	6,9	0,1	20	I
74	sL	3/2	2,2	2,0	2,8	—	4,5	5,0	9,4	3,6	7,1	8	5,6	8,9	0,0	25	O
75	SL	3/2	2,4	1,8	3,1	12,9	3,5	2,8	6,8	3,6	7,1	6	3,4	7,2	0,0	30	I
76	L	3/2	2,8	1,7	3,0	9,4	10,0	7,8	5,8	3,8	7,6	12	7,6	9,4	0,0	25	I
77	L	5	4,7	4,3	5,8	20,2	19,8	20,3	13,5	3,6	15,2	24	13,8	16,2	0,0	15	II
78	LL	5	3,5	2,2	3,9	15,7	7,4	7,8	7,6	3,8	9,8	9	19,4	19,6	0,0	20	II
79	LL	9	8,9	3,2	6,4	37,1	29,8	29,0	0,7	3,4	19,5	38	5,8	10,2	0,2	45	III
80	LL	6	4,8	1,9	4,0	20,1	11,5	11,1	5,6	3,6	12,6	15	9,2	14,0	0,0	40	III
81	L	6	4,9	2,5	4,5	19,1	9,3	11,3	8,6	3,5	13,4	13	11,2	13,0	0,0	45	I/II
82	L	6	6,0	4,3	6,9	16,1	30,0	30,1	2,8	3,4	19,9	37	19,1	20,8	0,1	10	I
83	L	6	6,0	4,4	6,3	12,6	22,8	29,2	2,6	3,3	19,1	37	17,6	18,2	0,4	20	O
84	L	3/2	3,4	2,1	3,1	11,3	6,8	8,9	6,8	3,7	9,8	11	5,8	6,8	0,0	30	O
85	sL	3/2	2,9	1,7	2,9	10,0	6,3	7,1	6,4	3,9	8,4	7	4,6	6,8	0,0	17	I
86	L	3/2	3,0	1,4	2,6	11,1	7,0	7,2	4,5	3,6	8,0	9	5,2	6,4	0,0	25	I
87	L	5/2	4,7	4,5	6,0	13,8	20,3	22,4	4,4	3,7	13,2	24	11,4	12,2	0,2	12	II
88	L	3/2	3,3	2,1	3,8	15,8	7,8	10,8	7,0	4,0	9,0	10	—	—	0,0	15	III
89	L	3/2	3,8	1,1	4,5	10,0	10,8	12,4	9,2	4,0	10,1	12	7,3	11,0	0,0	15	I
90	sL	3/2	4,7	3,5	5,8	11,3	11,8	14,3	8,6	3,5	14,6	19	12,0	16,0	0,0	40	II
91	L	3	3,0	1,7	2,9	20,0	8,5	9,5	6,2	3,7	9,6	10	5,8	6,8	0,0	30	I/II
92	L	3	4,0	4,4	5,4	16,4	18,5	17,4	4,6	3,6	13,1	20	12,0	14,0	0,0	15	O/I
93	LL	3	2,8	—	3,1	10,7	10,0	10,9	6,0	3,7	8,8	10	6,0	7,4	0,0	30	II
94	flL	3	2,7	1,9	3,1	10,9	6,5	6,5	8,1	3,9	8,7	7	1,2	8,0	0,0	20	I
95	flL	3	2,6	1,6	2,8	13,9	7,5	5,7	8,4	4,0	7,9	5	3,8	3,0	0,0	12	II
96	L	5	3,9	2,5	4,2	18,1	9,3	10,6	7,4	3,9	10,4	11	8,4	11,6	0,0	23	I

Boden Nr.	1 Mechanische Zusammensetzung	2 Boden- klassifikation	3 Hygroskopizität %	4 Humusgehalt nach der Bichromat- Methode %	5 Glühverlust %	6 Tongehalt %	7 Neutralisations- zahl	8 S nach Kappen	9 H nach Bredfeld	10 pHu, H <sub>2</sub> O Eintauschvermögen bis pH 7,0 mval/100 g Basen mval/100 g	11 Umtauschbares Calcium (Ca <sub>1</sub> )	12 Umtauschbares Calcium mit Ca CO <sub>3</sub> (Ca <sub>2</sub> )	13 CaCO <sub>3</sub> %	14 Fe mg/100	15 Mn		
97	sL	3/2	2,0	2,0	3,2	9,3	6,3	6,0	7,0	4,2	6,7	4	3,8	5,0	0,0	20	I
98	L	6	5,4	3,4	5,6	24,9	19,8	14,2	7,0	3,7	14,5	13	12,0	12,9	0,1	50	I
99	fL	6	4,0	1,7	3,4	17,8	9,5	10,4	7,4	3,7	11,2	9	9,6	11,8	0,1	40	I
100	L	3	3,8	3,7	5,2	13,6	9,5	8,6	9,2	4,1	10,6	7	5,2	12,6	0,1	34	II
101	L	6	3,9	1,9	3,6	17,8	9,7	10,7	4,8	3,7	9,9	11	5,8	8,0	0,2	17	II
102	L	3/2	3,0	1,1	2,7	13,6	15,0	14,7	4,9	3,7	8,8	14	7,2	7,8	0,2	27	O/I
103	sL	5/2	4,5	3,0	4,7	14,5	13,5	12,0	9,4	3,8	13,6	13	9,0	12,0	0,1	45	I
104	L	8	6,0	3,1	5,4	20,2	23,0	21,8	5,2	3,5	17,2	25	13,8	15,0	0,0	23	I
105	L	3	4,8	4,2	6,0	15,9	16,5	15,1	6,6	4,3	12,8	15	7,8	12,2	0,0	13	O/I
106	LL	6	4,8	2,2	4,3	16,6	12,0	11,4	6,4	3,7	11,2	12	6,0	7,8	0,0	11	II
107	L	8	5,3	2,8	4,1	18,4	13,5	10,3	6,8	3,7	13,2	22	8,0	10,0	0,0	30	I
108	sL	2/3	3,0	2,5	3,9	11,3	9,5	9,5	6,6	3,7	10,2	9	5,8	9,0	0,0	15	I
109	L	2/3	3,1	2,0	3,2	14,6	13,0	12,9	7,5	3,8	9,4	13	5,0	5,6	0,1	13	I
110	LL	8	5,8	1,6	4,1	26,1	15,0	14,4	6,6	3,7	14,0	15	8,8	10,8	0,0	39	I
111	LL	8	6,0	2,3	5,3	14,8	50,5	46,3	0,0	(3,8)	18,0	56+	17,8	—	1,4	2	II
112	L	6	6,0	2,2	5,3	11,9	37,8	33,8	0,0	3,8	15,7	42	—	—	0,8	4	II
113	L	8	5,9	2,3	5,0	11,2	46,5	42,6	0,0	3,6	16,1	52	18,1	—	1,1	3	III
114	L	6	15,1	2,4	5,4	17,0	62,0	49,2	0,0	(3,9)	15,3	66+	20,4	20,6	2,1	Sp	II/III
115	LL	8	7,1	2,9	6,5	21,6	83,5	49,4	0,0	(3,6)	17,9	90+	—	—	2,8	0	II/III
116	L	2/3	8,3	2,2	2,6	6,5	7,5	5,6	3,9	3,9	4,4	7	—	—	0,0	12	I
117	L	5	11,2	2,7	4,2	19,6	10,0	8,2	9,0	3,7	11,7	8	5,6	8,4	0,0	15	I
118	sL	3	3,1	2,0	3,4	12,4	11,5	8,0	6,5	3,7	10,1	8	4,4	6,6	0,0	13	I
119	LLT	8	8,4	2,7	6,2	35,3	31,0	30,1	7,5	3,4	20,0	34	17,4	19,1	0,0	25	III
120	sL	3	10,7	1,8	3,3	10,1	6,5	6,9	7,4	3,7	8,7	7	2,3	4,8	0,0	12	I
121	LL	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	—	O



3. Hygroskopizität in %. Ausgeführt von *Franck*-Stockholm. Bestimmt nach der Vorschrift von *E. A. Mitscherlich*.
4. Humusgehalt nach der *Bidromat*-Methode in %. Ausgeführt von *Kirssanoff*-Moskau. 0.1—0.4 g Boden, je nach dem Humusgehalt, werden in einem Erlenmeyerkolben erhitzt, mit 10 ccm 0.4 n Chromschwefelsäure versetzt, zum Sieden gebracht und 5 Minuten bei der Siedetemperatur belassen. Nach dem Erkalten wird die Mischung mit 300—350 ccm Wasser verdünnt. Diphenylamin als Indikator zugefügt und mit 0.2 n Mohrschem Salz bis zum Erscheinen der grünen Farbe titriert. In einigen Fällen (Sandboden) gibt diese Methode höhere Werte als der Glühverlust, z. B. Boden Nr. 54 und 70. Um diesen Fehler zu umgehen, soll man den Glühverlust im Feinboden (<0.25 mm) bestimmen.
5. Glühverlust in %. Ausgeführt von *Franck*-Stockholm und *Kirssanoff*-Moskau. Wie üblich bestimmt. Da die Werte von *Franck* und *Kirssanoff* gut übereinstimmen, beschränken wir uns hier auf die Wiedergabe der Mittelwerte, die aus den Angaben der beiden Analytiker gebildet wurden.
6. Tongehalt in %. Ausgeführt von *Puri*-Lahore.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Lösung wird in äquivalenten Mengen des austauschbaren Ca zu 10 g Boden hinzugefügt und mit Wasser auf 100 ccm verdünnt. Die Suspension wird durch Zufügen von 0.5 n NaOH (Indikator Thymolphthalein) auf pH = 10.5 gebracht. Nachdem die Aufschlammung über Nacht gestanden hat, wird die Pipettanalyse ausgeführt.
7. Neutralisationszahl nach *Kirssanoff*. Ausgeführt von *Kirssanoff*-Moskau. Durch Titration des HCl-Auszuges (siehe Seite 121) mit n/10 NaOH und Phenolphthalein als Indikator. Diese Zahl ist bei Podsolböden nahezu gleich dem S nach *Kappen*.
8. S. Ausgeführt von *Kirssanoff*-Moskau. Die austauschbaren Basen wurden nach der Methode von *Kappen* bestimmt.
9. H. Ausgeführt von *Kirssanoff*-Moskau. Nach der Methode *Bredfeld* bestimmt. 2 g Boden wurden mit 100 ccm n/10 Ammoniak in n/1  $\text{NH}_4\text{Cl}$  eine Stunde geschüttelt und über Nacht stehen gelassen. 50 ccm des Extrakts wurden mit n/100 HCl und Methylrot als Indikator titriert.
10. pHu,  $\text{H}_2\text{O}$ , Eintauschvermögen:  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  bis pH 7.0. Basen mval/100 g. Ausgeführt von *Mattson*-Ültuna-Uppsala. 50 g Boden werden mit 200 ccm Wasser bei 240 Volt und etwa 30 °C unter Rühren elektrodialysiert. Als Anode wurde Platin-, als Kathode ein Silberblech von je 30 cm<sup>2</sup>-Oberfläche gewählt und in einer Entfernung von 3 cm Membrane aus Pergamentpapier. Der Anoden- und Kathodenraum, von je 20 ccm Inhalt, wurde alle 2 Stunden automatisch entleert und dann mit dest. Wasser wieder gefüllt. Die erhaltenen Anoden- und Kathodenflüssigkeiten wurden zur Analyse gesammelt. Nach sechs Tagen wurde die Elektrodialyse unterbrochen, das Wasser abgehebert und der Boden getrocknet.  
 Von dem elektrodialysierten Boden wurden 5 g mit 10 ccm Wasser eine Stunde extrahiert und der pH-Wert potentiometrisch nach dem Chinhydronverfahren in der Aufschwämmung ermittelt (pHu,  $\text{H}_2\text{O}$ ). In gleicher Weise wurde auch die pH-Zahl in

einer Suspension von 4 g elektrodialysiertem Boden und 25 ccm n/10  $\text{BaCl}_2$  bestimmt (pHu. $\text{BaCl}_2$ ). Wir sehen von der Wiedergabe der letzten Werte ab, da sie alle um 0.7 bis 0.9 pH-Einheiten niedriger liegen als bei pHu.  $\text{H}_2\text{O}$ .

Die letzte Aufschwämmung wurde portionsweise mit 0.4 n  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  versetzt und die pH-Werte aufs neue ermittelt. Nach jedem Zusatz von Barytlauge wurde eine Stunde geschüttelt.

Die Kathodenflüssigkeit wurde mit Salzsäure titriert und daraus die gewonnene Basenmenge berechnet.

11. Umtauschbares Calcium.  $\text{Ca}_1$ . Ausgeführt von Puri-Lahore. 10 g Boden werden in einer verschlossenen Flasche  $\frac{1}{2}$  Stunde mit folgender Lösung geschüttelt:

n/1 Kaliumazetat  
n/10 Kaliumoxalat  
0.015n Kaliumkarbonat.

Das Filtrat wird mit n/10  $\text{KMnO}_4$  titriert. Die Abnahme der Oxalatkonzentration ist gleich dem austauschbaren Calcium in der angewandten Bodenmenge.

12. Ca-Umtausch mit  $\text{CaCO}_3$ .  $\text{Ca}_2$ . Ausgeführt von Puri-Lahore. 10 g Boden wird mit 1 g  $\text{CaCO}_3$  und 50 ccm Wasser gemischt, die Suspension 2–3 Stunden mit der Hand geschüttelt oder über Nacht stehen gelassen. Während des Schüttelns muß der Stopfen lose auf der Flasche sitzen, damit  $\text{CO}_2$  entweichen kann. Das Gemisch wird auf 10° C abgekühlt und mit der nachfolgenden Lösung versetzt:

0.2 n Kaliumoxalat  
1 n Kaliumazetat  
0.05n Kaliumkarbonat.

Die Aufschwämmung wird  $\frac{1}{2}$  Stunde geschüttelt und die Calciumbestimmung, wie oben beschrieben, ausgeführt.

13.  $\text{CaCO}_3$  in %. Ausgeführt von Goy-Königsberg und Stöckli-Zürich. Volumetrisch im Apparat von Scheibler bestimmt.
14. mg Eisen in 100 g Boden. Ausgeführt von Kirssanoff-Moskau. Kolorimetrisch mit Rhodanit bestimmt.
15. Mn (qualitativ). Ausgeführt von Herzner-Wien. Das Mn wurde nur qualitativ geprüft, und zwar bedeutet 0, daß kein Mn vorhanden ist. Mit steigender Zahl nimmt die Mn-Menge zu.



Tabelle V

Versuchsergebnisse von J. D. Hissink.

Tabelle der mechanischen Zusammensetzung und der Pflanzennährstoffe Phosphorsäure und Kali.

Nr	Mechanische Zusammensetzung				U auf 100 g Sand	Phosphorsäure (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		Relative Lös- lich- keit	Kali (K <sub>2</sub> O)		Rela- tive Lös- lich- keit
	in % auf Trocken- substanz					in % auf Trocken- substanz, löslich in :			in % auf Trocken- substanz		
	CaCO <sub>3</sub>	Humus	Ton	Sand		12 1/2 % HNO <sub>3</sub> = Total	1 % Zitr- Säure		lös- l. in 5 % HCl	aus- tausch- fähig	
58	0	1,4	12,6	86,0	124	0,095	0,017	17,9	0,094	0,020	21,3
42	0	5,3	37,5	57,2	146	0,228	0,039	17,1	0,314	0,031	9,9
67	0	2,1	15,2	82,7	100	0,167	0,042	25,1	0,133	0,020	15,0
57	0	2,9	36,0	61,1	272	0,148	0,010	6,8	0,111	0,020	18,0
63	0	4,9	28,9	66,2	62	0,164	0,006	3,7	0,135	0,007	5,2
99	0	1,7	25,5	72,8	136	0,182	0,039	21,4	0,295	0,014	4,7
31	0	1,3	22,7	76,0	284	0,078	0,005	6,4	0,079	0,008	10,1
20	0	2,4	39,9	57,7	234	0,153	0,039	25,5	0,375	0,023	6,1
12	0	4,7	37,2	58,1	145	0,157	0,029	18,5	0,196	0,021	10,7
43	0	3,2	43,2	53,6	249	0,050	0,003	6,0	0,296	0,047	15,9
61	0	1,5	15,6	82,9	116	0,082	0,021	25,6	0,064	0,004	6,2
79	0,4	3,3	53,7	42,6	163	0,142	0,025	17,6	0,578	0,030	5,2
48	0	5,6	56,4	38,0	365	0,181	0,019	10,5	0,529	0,012	2,3
23	0	3,5	28,5	68,0	164	0,134	0,013	9,7	0,159	0,017	10,7
27	1,2	3,1	26,7	69,0	233	0,316	0,129	40,8	0,214	0,029	13,6
112	0,6	2,7	42,3	54,4	351	0,110	0,019	17,3	0,343	0,032	9,3
6	0,6	2,0	31,1	66,3	137	0,168	0,053	31,5	0,209	0,018	8,6
1	0	4,1	49,6	46,3	201	0,112	0,013	11,6	0,343	0,018	5,2
55	0,4	2,5	44,7	52,4	361	0,085	0,008	9,4	0,383	0,023	6,0
82	0,3	5,0	33,1	61,6	187	0,156	0,026	16,7	0,209	0,014	6,7
15	0,1	2,9	54,9	42,1	257	0,148	0,022	14,9	0,284	0,014	4,9
40	0	7,8	68,5	23,7	150	0,506	0,001	0,2	0,054	0,008	14,8
46	0	11,5	77,1	11,4	213	0,363	0,054	14,9	0,611	0,032	5,2
51	0	2,4	1,0	96,6	75	0,054	0,025	46,3	0,025	0,004	16,0
50	0	2,4	8,6	89,0	89	0,118	0,034	28,8	0,087	0,015	17,2
53	0	2,4	8,8	88,8	68	0,165	0,060	36,4	0,060	0,009	15,0
56	0	10,7	67,0	22,3	238	0,261	0,021	8,0	0,097	0,010	10,3
59	0	4,6	6,4	89,0	104	0,058	0,013	22,4	0,042	0,007	16,7
65	0	9,1	70,6	20,3	343	0,226	0,011	4,9	0,418	0,034	8,1
52	0,2	20,1	49,5	30,2	154	0,212	0,016	7,5	0,131	0,004	3,1

Tabelle VI  
Versuchsergebnisse von J. D. Hissink.  
Tabelle des Stickstoff-Gehalts und des Verwitterungssilikats A.

Nr.	Stickstoff		Verwitterungssilikat A							
	g N pro 100 g:		in % auf Trocken-substanz			Molekulare Zusammensetzung in Millimole auf 100 g Trockensubstanz			Molekular-Verhältnis (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =1)	
	Trocken-substanz	Hu-mus	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
58	0,080	5,7	1,49	1,97	0,91	14,6	32,8	5,7	2,25	0,39
42	0,247	4,7	5,84	10,26	4,91	57,3	170,8	30,7	2,98	0,54
67	0,120	5,7	1,83	3,43	1,46	18,0	57,1	9,1	3,17	0,51
57	0,171	5,9	4,24	4,99	3,14	41,6	83,1	19,7	2,00	0,47
63	0,273	5,6	4,10	6,65	4,15	40,2	110,7	26,0	2,75	0,65
99	0,105	6,2	3,21	7,43	2,89	31,5	123,7	18,1	3,93	0,57
31	0,081	6,2	3,06	3,92	2,98	30,0	65,3	18,7	2,18	0,62
20	0,135	5,6	4,13	7,63	3,78	40,5	127,0	23,7	3,14	0,59
12	0,233	5,0	3,79	7,53	2,92	37,2	125,4	18,3	3,37	0,49
43	0,152	4,8	4,68	7,79	3,47	45,9	129,7	21,7	2,83	0,47
61	0,095	6,3	1,79	3,27	0,95	17,6	54,4	5,9	3,09	0,34
79	0,185	5,6	7,25	13,12	5,17	71,1	218,4	32,4	3,07	0,46
48	0,288	5,1	6,44	12,43	4,60	63,2	207,0	28,8	3,28	0,46
23	0,176	5,0	3,53	5,12	2,53	34,6	85,2	15,8	2,46	0,46
27	0,178	5,7	3,80	5,80	5,01	37,3	96,6	31,4	2,59	0,84
112	0,155	5,7	4,87	8,27	2,98	47,8	137,7	18,7	2,88	0,39
6	0,117	5,9	2,92	5,16	2,59	28,6	85,9	16,2	3,00	0,57
1	0,266	6,5	5,45	11,05	3,73	53,5	184,0	23,4	3,44	0,44
55	0,151	6,0	6,08	10,68	3,84	59,6	177,8	24,0	2,98	0,40
82	0,258	5,2	3,90	6,51	2,50	38,3	108,4	15,7	2,83	0,41
15	0,187	6,4	4,77	9,28	3,85	46,8	154,5	24,1	3,30	0,51
40	0,306	3,9	18,87	6,22	39,94	185,1	103,6	250,1	0,56	1,35
46	0,530	4,6	9,73	18,19	7,52	95,4	302,9	47,1	3,18	0,49
51	0,063	2,6	0,41	0,58	0,39	4,0	9,7	2,4	2,43	0,60
50	0,094	3,9	1,16	1,76	1,15	11,4	29,3	7,2	2,57	0,63
53	0,101	4,2	1,32	1,69	1,28	12,9	28,1	8,0	2,18	0,62
56	0,569	5,3	6,83	23,85	5,70	67,0	397,1	35,7	5,93	0,53
59	0,142	3,1	0,38	0,96	0,32	3,7	16,0	2,0	4,32	0,54
65	0,441	4,8	11,15	15,96	5,97	109,4	265,7	37,4	2,43	0,34
52	0,996	5,0	6,10	9,84	5,02	59,8	163,8	31,4	2,74	0,53



Tabelle VII  
Versuchsergebnisse von *J. D. Hissink*.  
Tabelle der austauschfähigen Basen und der S-Wert.

Nr.	Austauschfähige Basen								
	g auf 100 g Trockensubstanz				Milligrammäquivalente (mval) auf 100 g Trockensubstanz				
	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Summe = S
58	0,057	0,012	0,020	0,006	2,0	0,6	0,4	0,2	3,2
42	0,215	0,028	0,031	0,021	7,7	1,4	0,7	0,7	10,5
67	0,105	0,008	0,020	0,009	3,8	0,4	0,4	0,3	4,9
57	0,175	0,027	0,020	0,007	6,3	1,3	0,4	0,2	8,2
63	0,347	0,011	0,007	0,013	12,4	0,5	0,2	0,4	13,5
99	0,206	0,026	0,014	0,009	7,4	1,3	0,3	0,3	9,3
31	0,115	0,025	0,008	0,015	4,1	1,2	0,2	0,5	6,0
20	0,196	0,045	0,023	0,013	7,0	2,2	0,5	0,4	10,1
12	0,371	0,028	0,021	0,028	13,3	1,4	0,4	0,9	16,0
43	0,297	0,058	0,047	0,007	10,6	2,9	1,0	0,2	14,7
61	0,207	0,010	0,004	0,012	7,4	0,5	0,1	0,4	8,4
79	0,508	0,089	0,030	0,011	18,2	4,4	0,6	0,4	23,6
48	0,709	0,089	0,012	0,020	25,3	4,4	0,3	0,6	30,6
23	0,401	0,027	0,017	0,011	14,3	1,3	0,4	0,4	16,4
27	0,272	0,035	0,029	0,011	9,7	1,7	0,6	0,4	12,4
112	0,480	0,040	0,032	0,014	17,2	2,0	0,7	0,5	20,4
6	0,334	0,012	0,018	0,007	11,9	0,6	0,4	0,2	13,1
1	0,700	0,049	0,018	0,022	25,0	2,4	0,4	0,7	28,5
55	0,562	0,044	0,023	0,007	20,1	2,2	0,5	0,2	23,0
82	0,541	0,052	0,014	0,015	19,4	2,6	0,3	0,5	22,8
15	0,617	0,028	0,014	0,026	22,0	1,4	0,3	0,8	24,5
40	0,017	0,012	0,008	0,015	0,6	0,6	0,2	0,5	1,9
46	0,166	0,084	0,032	0,029	5,9	4,2	0,7	0,9	11,7
51	0,023	0,014	0,004	0,002	0,8	0,7	0,1	0,1	1,7
50	0,041	0,013	0,015	0,007	1,5	0,6	0,3	0,2	2,6
53	0,068	0,005	0,009	0,012	2,4	0,2	0,2	0,4	3,2
56	0,474	0,041	0,010	0,019	16,9	2,0	0,2	0,6	19,7
59	0,147	0,011	0,007	0,019	5,3	0,5	0,1	0,6	6,5
65	1,007	0,044	0,034	0,025	36,0	2,2	0,7	0,8	39,7
52	1,625	0,105	0,004	0,012	58,0	5,2	0,1	0,4	63,7

# Tabelle VIII

Versuchsergebnisse von *J. D. Hissink*.

Tabelle des Basen-Verhältnisses und der Werte S, T-S, T, V und pH.

Nr.	Verhältnis der austausch- fähigen Basen (auf S=100)				Milligrammäquivalente Basen auf 100 g Trockensubstanz			$V = \frac{S}{T}$	pH
	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	S	T-S	T		
58					3,2	12,5	15,7	20	5,2
42	73	13	7	7	10,5	40	50,5	21	5,3
67	78	8	8	6	4,9	17	21,9	22	5,5
57	77	16	5	2	8,2	27	35,2	23	5,5
63	92	4	1	3	13,5	36,5	50,0	27	5,7
99	80	14	3	3	9,3	22	31,3	30	6,2
31	69	20	3	8	6,0	14	20,0	30	6,6
20	69	22	5	4	10,1	23	33,1	30	6,1
12	83	9	2	6	16,0	29	45,0	36	6,5
43	72	20	7	1	14,7	25	39,7	37	6,4
61	88	6	1	5	8,4	13	21,4	39	6,4
79	77	18	3	2	23,6	31	54,6	43	7,5
48	83	14	1	2	30,6	39	69,6	44	6,8
23	87	8	3	2	16,4	21	37,4	44	7,2
27	78	14	5	3	12,4	16	28,4	44	7,4
112	84	10	3	3	20,4	23	43,4	47	8,1
6	91	5	3	1	13,1	14	27,1	48	8,1
1	88	8	2	2	28,5	28	56,5	50	7,0
55	87	10	2	1	23,0	23	46,0	50	7,6
82	85	12	1	2	22,8	22	44,8	51	7,4
15	90	6	1	3	24,5	21	45,5	54	7,7
40					1,9	114	115,9	2	4,6
46	50	36	6	8	11,7	119	130,7	9	4,9
51					1,7	12,5	14,2	12	5,7
50					2,6	16	18,6	14	5,4
53					3,2	18	21,2	15	5,4
56	86	10	1	3	19,7	91	110,7	18	5,0
59	80	8	3	9	6,5	20,5	27,0	24	5,1
65	91	5	2	2	39,7	64,5	104,2	38	6,3
52	91	8	0	1	63,7	74,5	138,2	46	6,8



### Bemerkungen zu den Tabellen V bis VIII von J. D. Hissink.

**CaCO<sub>3</sub>.** Dieser wurde nach einer vom Bodenkundlichen Institut in Groningen modifizierten, volumetrischen Methode von *Passon* bestimmt. Die Kohlensäure wird mit Salzsäure (2 Vol. HCl spez. Gew. = 1,195 + 1 Vol. H<sub>2</sub>O), bei Zimmertemperatur ausgetrieben. Zur Korrektur von Temperatur- und Luftdruckunterschieden wird bei jeder Serie gleichzeitig eine Standardbestimmung mit einer bekannten Menge CaCO<sub>3</sub> gemacht.

**Humus.** Diese Bestimmung erfolgte durch Anwendung der Elementaranalyse nach *Ter Meulen* (77). Für die Umrechnung der gefundenen Menge Kohlenstoff (C) auf den Humusgehalt wurde der C-Gehalt des Humus mit 58 % angenommen.

**Ton und Sand.** Unter Ton und Sand werden Teilchen mit einem Durchmesser von kleiner bzw. größer als 16 micra verstanden. Für die Vorbehandlung des Bodens sei auf die Mitteilungen der Intern. Bodenkdl. Gesellschaft verwiesen (79). Die Trennung von Ton und Sand wird durch Schlämmen im *Atterbergschen* Zylinder erreicht. Die Dauer des Absetzens für Teilchen mit einem Durchmesser größer als 16 micra beträgt 7½ Minuten pro 10 cm. Mittels einer Siebungsmethode wird der Sand in 12 Unterfraktionen verteilt. Daraus ist der U-Wert pro 100 g Sand berechnet. Näheres siehe bei *S. B. Hooghoudt* (78).

**Stickstoff.** Dieser wird nach der Methode *Kjeldahl* bestimmt und bezieht sich auf den organisch gebundenen Stickstoff. Die Tabelle erwähnt außerdem die Anzahl Gramme Stickstoff (N) pro 100 g Humus.

**Phosphorsäure.** Siehe Seite 123.

**Kali.** Siehe Seite 116.

**Verwitterungssilikat A.** Für diese Bestimmungsmethode sei auf die Abhandlung von *Hissink* verwiesen: „Über die Bedeutung und die Methode der chemischen Bodenanalyse mit starker heißer Salzsäure“ (80). Der analytische Teil ist hier und da geändert. Unter anderem wird nun in einem Glyzerinbad bei 125 bis 150° C gekocht. Im Salzsäureextrakt wird die Summe von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gewichtsanalytisch bestimmt. Darnach erfolgt die Bestimmung des P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (nach *Lorenz*) und des Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (titrimetrisch mit KMnO<sub>4</sub>, nach Reduktion mit Zinkpulver) einzeln. Die Summe — (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) = Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Neben dem Gehalt an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in Prozenten verzeichnet die Tabelle die Anzahl Millimole dieser Bestandteile per 100 g trockenen Boden. Aus diesen letzten Zahlen wurde zum Schlusse das Molekularverhältnis berechnet.

**Austauschfähige Basen und S-Wert, T-S-Wert, T-Wert und V.** Für die Methode zur Bestimmung austauschfähiger Basen sei auf die Arbeit von *Hissink*: „Beitrag zur Kenntnis der Adsorptionsvorgänge im Boden“ verwiesen (87). Die Tabelle verzeichnet den Gehalt an austauschfähigem CaO, MgO, K<sub>2</sub>O und Na<sub>2</sub>O in Prozenten auf Trockensubstanz. Hieraus wurde die Anzahl Milligrammäquivalente dieser Basen pro 100 g Trockensubstanz berechnet. Die Summe der Anzahl mval CaO + MgO + K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O ergibt den S-Wert in mval pro 100 g Trockensubstanz. Zum Schlusse wurde aus diesen Resultaten das

Molekularverhältnis (auf  $S = 100$ ) berechnet: wo der S-Wert geringer als 4 ist, wurde dieses Verhältnis nicht berechnet.

Die Methode zur Bestimmung des T-S-Wertes wird u. a. in „Base Exchange in Soils, a general discussion held by the Faraday Society“, Dezember 1924, Seite 560—562, beschrieben. Auch dieser Wert ist in mval pro 100 g Trockensubstanz ausgedrückt. Die Summe von S und T-S = T. Hieraus wird V berechnet nach der Formel:

$$\frac{100 S}{T} = V$$

pH. Dieses wurde mit der Chinhydron-Elektrode bestimmt. Die Messung erfolgte in einer Suspension von 10 g Boden + 25 ccm kohlensäurefreiem dest. Wasser.



Tabelle IX  
Versuchsergebnisse von O. de Vries

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N Boden	pH	% CaCO <sub>3</sub>	% Glüh- ver- lust	% Humus nach Ist- sche- rekow	% Tot l Sand	% Grob-Sand	% Fein-Sand	% Ton	P Zahl	Festlegung	P-Zitr.	% K <sub>2</sub> O auf Boden	K- Zahl	% K <sub>2</sub> O auf Ton- Humus	S	T	V
9	7,4	0,09	1,9	3,2	79	69	11	17	2	65	52	0,017	24	0,23	15,5	17,2	90
16	7,2	0,07	0,8	1,7	84	55	29	14	3	40	28	0,013	31	0,25	11,4	12,3	93
21	7,05	0,03	7,4	—	80	45	35	13	0	80	28	0,011	9	0,10	45,0	49,5	91
24	6,6	—	0,5	0,6	84	57	27	16	2	50	10	0,015	46	0,33	8,6	9,8	88
30	4,6	—	2,5	3,1	87	77	11	10	8	40	56	0,043	84	0,78	1,7	10,2	17
50	5,5	—	1,3	1,6	90	72	19	9	1	—	26	0,016	52	0,44	—	—	—
51	5,6	—	1,3	0,6	96	86	10	4	—	—	—	0,007	38	0,47	2,4	—	—
53	5,2	—	1,7	2,2	87	74	13	11	1	65	48	0,013	29	0,27	4,0	11,5	35
54	4,9	—	1,8	3,5	86	77	9	11	0	85	8	0,0095	14	0,16	3,7	14,3	26
58	5,3	—	0,5	1,0	86	57	29	13	—	—	16	0,021	81	0,49	2,6	8,2	32
59	5,2	—	4,1	3,7	89	70	19	7	2	40	12	0,010	18	0,18	—	—	—
60	5,4	—	1,8	1,2	83	64	19	17	1	55	18	0,021	67	0,39	4,0	9,9	40
61	6,4	—	1,8	1,2	84	63	21	15	1	45	16	0,007	20	0,14	8,4	11,7	72
64	4,7	—	1,2	2,1	87	64	23	11	2	55	24	0,011	23	0,23	1,4	8,5	17
66	5,5	—	17,4	—	67	59	8	16	0	85	30	0,020	13	0,09	23,3	49,6	47
67	5,4	—	1,1	1,7	82	62	20	17	2	45	36	0,019	40	0,32	5,4	13,0	42
68	5,2	—	3,4	4,2	84	58	26	12	1	70	48	0,023	34	0,32	7,2	17,0	42
70	5,8	—	3,1	3,4	86	61	24	11	0	80	24	0,015	26	0,24	4,6	13,5	34
71	6,6	—	0,5	1,2	78	50	28	21	2	45	20	0,017	44	0,27	8,9	11,9	75
74	5,8	—	0,8	1,5	87	73	14	12	0	50	13	0,011	34	0,25	4,9	9,6	51
91	5,6	—	0,6	1,7	80	44	36	19	0	75	16	0,025	57	0,39	5,6	12,2	46
108	6,1	—	1,5	1,4	79	51	27	19	0	60	16	0,027	44	0,39	9,2	14,0	66
116	6,5	0,02	1,8	1,4	87	73	14	12	3	55	39	0,046	148	1,05	5,0	8,3	60
120	5,6	0,03	1,0	1,6	79	40	39	20	3	—	24	0,028	52	0,43	—	—	—

# Bemerkungen zur Tabelle IX von O. de Vries.

1. pH. 10 g Boden wurden mit 50 ccm dest. Wasser versetzt und über Nacht bei 25° C stehen gelassen. Der pH-Wert wurde in der Aufschwemmung elektrometrisch mit Chinhydron gemessen.
2.  $\text{CaCO}_3$ . Nach der Methode von Scheibler bestimmt.
3. Glühverlust. Der bei 105° C getrocknete Boden wurde eineinhalb Stunden im Muffelofen bei Rotglut verascht. Der Glühverlust wurde in % des getrockneten Bodens umgerechnet. Bei Tonböden wurde außer dem Wassergehalt auch die Kohlensäure vom  $\text{CaCO}_3$  und das chemisch gebundene Wasser von dem Glühverlust abgezogen. Für das letztere wurde 6 % des Tongehaltes genommen.
4. Humusgehalt. Wenn der Tonboden weniger als 5 % enthielt, wurde der Humusgehalt nach *Istscherekow* ermittelt.
- 5.—8. Mechanische Zusammensetzung. 10 g Boden wurden in einer geräumigen Porzellanschale mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  so lange behandelt, bis keine Reaktion mehr stattfand. Zuerst wird das überschüssige  $\text{H}_2\text{O}_2$  mit einigen Tropfen 20%igem  $\text{NH}_3$  beseitigt und dann mit 125 ccm n/1 HCl aufgekocht. Durch dreimaliges Dekantieren mit je 500 ccm Wasser wird die Säure ausgewaschen. Darauf wird Ammoniak bis ca. 0,2 n und NaOH bis ca. 0,01 zugefügt. Nachdem die Proben über Nacht gestanden haben, wird die Schlämmanalyse nach *Kopecky* ausgeführt.
9. P-Zahl. Siehe Seite 124.
10. Festlegungszahl. Zwei Proben von je 5 g Boden werden mit 50 ccm  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Lösung — bei der die eine 0,5 mg, die andere 1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  enthält — unter öfterem Schütteln 24 Stunden bei 50° C stehen gelassen, dann die P-Zahl (= 0,01 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  in 100 g Boden) bestimmt. Die „Festlegungszahl“ ist die mittlere prozentige Festlegung in den beiden Lösungen.
11. P-Zitr.-Zahl. 5 g Boden wurden mit 50 ccm 1%iger Zitronensäure nach *Lemmermann* extrahiert. Vom Filtrat wurden 2,5 ccm (= 0,25 g Boden) mit 1,5 ccm konz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  versetzt und bei Siedetemperatur mit 0,5%iger  $\text{KMnO}_4$ -Lösung bis zur bleibenden Rosafärbung titriert. Der Überschuß an  $\text{KMnO}_4$  wurde mit Oxalsäure reduziert. In der farblosen Lösung wurde die P-Zitr.-Zahl kolorimetrisch bestimmt, eine Einheit P-Zitr.-Zahl = 0,01 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  je 1 g Boden.
12. Kaligehalt in %. 60 g Boden wurden mit 60 ccm 0,1 n HCl eine Stunde geschüttelt. In 500 ccm des Filtrats die  $\text{K}_2\text{O}$ -Menge volumetrisch bestimmt.
13. K-Zahl. Siehe Seite 116.
14.  $\text{K}_2\text{O}$  auf Ton-Humus in %. Der  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalt wird hier einfach auf Ton-Humus umgerechnet.
15. S. 5 g Boden werden mit 100 ccm 0,1 n HCl unter öfterem Umschütteln 24 Stunden stehen gelassen. 25 ccm des Filtrats (aufkochen) werden mit 0,1 n NaOH und Phenolphthalein als Indikator titriert. Die durch den Boden verbrauchte Menge Säure, ausgedrückt in Milliäquivalente je 100 g Trockenboden, gibt den S-Wert an. Wenn



$\text{CaCO}_3$  im Boden anwesend ist, wird die Menge desselben von der durch den Boden verbrauchten Menge Säure abgezogen.

- 16.—17. T-S. Enthält der Boden kein  $\text{CaCO}_3$ , dann werden 20 g Boden in einer Flasche des Apparates von *Scheibler* mit 0,4 g 100%igem  $\text{CaCO}_3$  gemischt und mit Wasser zu einem dicken Brei verrührt. Nach 24 Stunden wird wieder umgerührt und nach weiteren 24 Stunden wird im Wassertrockenschrank getrocknet. Dann wird das  $\text{CO}_2$ -Volumen in einem *Scheibler-Apparat* bestimmt. Gleichzeitig ermittelt man in einem zweiten Apparat das  $\text{CO}_2$ -Volumen von 0,4 g  $\text{CaCO}_3$ . Aus dem Unterschied der  $\text{CO}_2$ -Volumina in beiden Apparaten wird der vom Boden aufgenommene CaO-Gehalt berechnet. Diese Menge, auf 100 Milliäquivalente je 100 g Boden umgerechnet, ergibt den Wert T-S. Enthält der Boden etwas  $\text{CaCO}_3$ , dann wird verhältnismäßig weniger Boden und  $\text{CaCO}_3$  angewandt. Wenn mehr als 200 mg  $\text{CaCO}_3$  durch den Boden gebunden werden, wird in einer erneuten Bestimmung weniger Boden oder mehr  $\text{CaCO}_3$  verwendet. T und V wurden wie üblich berechnet.

Tabelle X  
Versuchsergebnisse von Krügel-Dreyspring.\*)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Boden Nr.	Zum Ver- gleich: Gefäß- versuch Mit- scherlich Wert „b“ kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Rück- stand auf 1-mm- Sieb %	Wert „a“ sofort verfügb. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Menge im Boden mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g Boden	Wert „b“ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Nachliefe- rungs- vermögen mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g Boden	direkt verwertb. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Vorrat in kg/ha (a + $\frac{b}{2}$ ) · 30	Defizit in kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha bei Grenz- wert 50 kg/ha	Wert „c“ Boden- und Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g Boden	Kon- zentri- Erhöhung durch Düngung k = (c-a) · 2 F = 100- (k · 20)	Fest- legung der Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in % F = 100- (k · 20)	erforderl. Menge an Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in kg/ha (d · 5) k
1	37	1	0,33	0,15	12	38	0,84	1,02	79,6	186
2	750	6	1,40	1,06	58	0	2,55	2,30	54,0	0
3	540	9	1,28	0,93	53	0	2,40	2,24	55,2	0
4	236	7	0,72	0,48	29	21	2,14	2,84	43,2	37
5	741	2	2,76	2,20	116	0	5,10	4,68	6,4	0
6	1340	8	2,28	1,75	95	0	4,54	4,52	9,6	0
7	424	2	1,42	1,12	59	0	2,35	1,86	62,8	0
8	76	1	0,44	0,35	19	31	1,33	1,78	64,4	87
9	771	7	2,05	1,30	81	0	3,20	2,30	54,0	0
10	70	8	0,33	0,17	13	37	0,70	0,74	85,2	250
11	210	5	0,87	0,59	35	15	1,55	1,36	72,8	55
12	255	4	0,50	0,33	20	30	0,71	0,42	91,6	357
13	155	8	0,57	0,37	23	27	1,53	1,92	61,6	70
14	122	3	0,50	0,33	20	30	1,28	1,56	68,8	96
15	200	1	0,63	0,36	24	26	1,26	1,26	74,8	103
16	875	3	2,00	1,20	78	0	4,02	4,04	19,2	0
17	280	4	0,73	0,52	30	20	1,06	0,66	86,8	152
18	152	1	0,64	0,30	24	26	0,76	0,24	95,2	542
19	94	—	0,78	0,30	28	22	0,87	0,18	96,4	611
20	75	4	0,56	0,33	22	28	1,06	1,00	80,0	140
21	45	—	0,64	0,34	24	26	1,14	1,00	80,0	130
22	50	5	0,40	0,28	16	34	1,31	1,82	63,6	93
23	215	2	0,55	0,37	22	28	1,20	1,30	74,0	108
24	440	6	0,74	0,49	30	20	2,06	2,64	47,2	38
25	730	2	1,45	0,98	58	0	2,73	2,56	48,8	0
26	85	1	0,50	0,24	19	31	0,75	0,50	90,0	310
27	∞	3	6,60	3,88	256	0	9,80	> 5,00	0,0	0
28	100	5	0,38	0,23	15	35	1,52	2,28	54,4	77
29	280	4	1,06	0,75	43	7	2,56	3,00	40,0	12
30	70	—	0,12	0,10	5	45	0,30	0,36	92,8	625
31	62	1	0,32	0,20	13	37	0,76	0,88	82,4	210
32	300	1	0,40	0,30	17	33	0,69	0,58	88,4	284
33	240	2	0,45	0,31	18	32	1,31	1,72	65,6	93
34	1480	—	1,34	1,05	56	0	1,62	0,56	88,8	0
35	1070	—	1,36	1,14	58	0	1,72	0,72	85,6	0
36	1040	—	1,62	1,18	66	0	1,88	0,52	89,6	0
37	112	—	1,14	0,68	44	6	1,94	1,60	68,0	19
38	490	1	1,90	1,33	77	0	3,28	2,76	44,8	0
39	890	—	2,40	1,48	94	0	3,80	2,80	44,0	0
40	10	—	0,30	0,18	12	38	0,32	0,04	99,2	4750
41	60	—	0,16	0,14	7	43	0,18	0,04	99,2	5375
42	150	8	0,60	0,31	23	27	0,76	0,32	93,6	422
43	40	1	0,38	0,18	14	36	0,48	0,94	81,2	191
44	133	—	0,64	0,44	26	24	1,78	2,28	54,4	53
45	160	—	1,26	0,72	49	1	3,26	4,00	20,0	1

\*) Einzelheiten hierzu sind den Ausführungen von Dreyspring im Protokoll zu entnehmen.

1  
Boden  
Nr.  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Boden Nr.	Zum Vergleich: Gefäß- versuch Mit- scherlich Wert „b“ kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Rück- stand auf 1 mm- Sieb %	Wert „a“ sofort verfügb. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Menge im Boden mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g Boden	Wert „b“ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Nachliefe- rungsvermögen	direkt verwertb. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Vorrat in kg/ha $\frac{b}{a + \frac{b}{2}} \cdot 30$	Defizit in kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha bei Grenz- wert 50 kg/ha	Wert „c“ Boden- und Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g Boden	Kon- zentr.- Erhöhung durch Düngung $k = (c - a) \cdot 2$	Fest- legung der Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in % $F = 100 - (k \cdot 20)$	erforderl. Menge an Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in kg/ha $\frac{(d \cdot 5)}{k}$
46	160	2	0,54	0,32	21	29	0,10	0,18	96,4	806
47	110	—	0,50	0,26	19	31	0,62	0,24	95,2	646
48	300	—	0,60	0,42	24	26	1,05	0,90	82,0	144
49	30	—	0,26	0,16	10	40	0,50	0,48	90,4	417
50	280	5	0,54	0,38	22	28	1,00	0,92	81,6	152
51	565	2	0,90	0,55	35	15	2,35	2,90	42,0	26
52	37	3	0,38	0,23	15	35	0,52	0,28	94,4	625
53	391	14	0,69	0,62	30	20	1,33	1,28	74,4	78
54	23	10	0,22	0,11	8	42	0,37	0,30	94,0	700
55	172	—	0,56	0,34	22	28	1,08	1,04	79,2	135
56	89	—	0,80	0,34	29	21	0,82	0,04	99,2	2625
57	101	2	0,40	0,25	16	34	0,61	0,42	91,6	405
58	171	5	0,50	0,34	20	30	1,04	1,08	78,4	139
59	230	2	0,54	0,35	22	28	0,82	0,56	88,8	250
60	482	—	0,80	0,66	34	16	1,20	0,80	84,0	100
61	228	1	0,70	0,55	29	21	1,36	1,32	73,6	80
62	13	5	0,32	0,17	12	38	0,46	0,28	94,4	679
63	39	6	0,62	0,19	22	28	0,74	0,24	95,2	583
64	238	4	0,60	0,34	23	27	1,00	0,80	84,0	169
65	120	—	0,34	0,18	13	37	0,38	0,08	98,4	2313
66	132	1	0,58	0,32	22	28	0,70	0,24	95,2	583
67	335	8	0,60	0,42	24	26	1,10	1,00	80,0	130
68	104	1	0,60	0,51	26	24	0,84	0,48	90,4	250
69	120	4	0,36	0,17	14	36	0,50	0,28	94,4	643
70	120	1	0,30	0,22	12	38	0,48	0,36	92,8	528
71	500	2	0,84	0,60	34	16	1,71	1,74	65,2	46
72	310	3	0,54	0,39	22	28	1,46	1,84	63,2	76
73	200	2	0,39	0,29	16	34	0,84	0,90	82,0	189
74	130	3	0,37	0,23	15	35	0,87	1,00	80,0	175
75	80	2	0,33	0,16	12	38	0,59	0,52	89,6	365
76	770	3	1,44	1,09	60	0	2,97	3,06	38,8	0
77	90	2	0,55	0,27	21	29	1,08	1,06	78,8	137
78	270	2	0,43	0,25	17	33	0,67	0,48	90,4	344
79	220	3	0,66	0,48	27	23	1,13	0,94	81,2	122
80	190	1	0,49	0,30	19	31	1,04	1,10	78,0	141
81	200	2	0,49	0,27	19	31	0,66	0,34	93,2	456
82	130	1	0,69	0,40	27	23	1,62	1,86	62,8	62
83	140	4	0,60	0,34	23	27	1,19	1,18	76,4	114
84	370	5	0,65	0,62	29	21	1,03	0,76	84,8	138
85	160	4	0,29	0,19	12	38	0,57	0,56	88,8	339
86	180	4	0,36	0,21	14	36	0,98	1,24	75,2	145
87	120	5	0,40	0,25	16	34	0,86	0,92	81,6	185
88	110	3	0,31	0,23	13	37	0,68	0,74	85,2	250
89	130	6	0,38	0,22	15	35	0,87	0,98	80,4	179
90	110	3	0,48	0,25	18	32	0,80	0,64	87,2	250
91	180	4	0,40	0,29	17	33	0,89	0,98	80,4	168
92	150	5	0,42	0,25	17	33	0,95	1,06	78,8	156
93	600	2	0,96	0,69	39	11	1,67	1,42	71,6	39

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Boden Nr.	Zum Ver- gleich: Gefäß- versuch Mit- scherlich Wert „b“ kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Rück- stand auf 1 mm- Sieb ‰	Wert „a“ sofort verfügb. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Menge im Boden mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g Boden	Wert „b“ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Nachliefe- rungs- vermögen 100 g Boden	direkt verwertb P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Vorrat in kg/ha b (a + $\frac{b}{2}$ ) 3 · 0	Defizit in kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha bei Grenz- wert 50 kg/ha	Wert „c“ Boden- und Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g Boden	Kon- zentr.- Erhöhung durch Düngung k = (c - a) 2	Fest- legung der Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in ‰ F = 100 - (k · 20)	erforderl. Menge an Dünger- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in kg/ha (d · 5) k
94	120	4	0,35	0,19	14	36	0,64	0,58	88,4	310
95	160	4	0,38	0,23	15	35	0,71	0,66	86,8	265
96	130	4	0,31	0,19	12	38	0,60	0,58	88,4	328
97	110	3	0,37	0,19	14	36	0,67	0,60	88,0	300
98	200	1	0,51	0,30	20	30	0,81	0,60	88,0	250
99	230	5	0,42	0,32	17	33	0,78	0,72	85,6	229
100	90	3	0,47	0,17	17	33	0,58	0,22	95,6	750
101	150	2	0,43	0,29	17	33	1,07	1,28	74,4	129
102	530	5	0,66	0,48	27	23	1,73	2,14	57,2	54
103	110	6	0,28	0,15	11	39	0,49	0,42	91,6	464
104	140	1	0,63	0,36	24	26	1,25	1,24	75,2	105
105	140	8	0,46	0,26	18	32	0,73	0,54	89,2	296
106	120	31	0,37	0,14	13	37	1,11	1,48	70,4	125
107	110	5	0,38	0,17	14	36	0,90	1,04	79,2	173
108	80	5	0,38	0,15	14	36	0,69	0,62	87,6	290
109	80	5	0,32	0,19	13	37	0,97	1,30	74,0	142
110	80	2	0,29	0,16	11	39	0,63	0,68	86,4	287
111	150	—	0,52	0,30	20	30	1,14	1,24	75,2	121
112	250	—	0,68	0,46	27	23	1,54	1,72	65,6	67
113	170	—	0,68	0,46	27	23	1,48	1,60	68,0	72
114	130	—	0,58	0,35	23	27	1,36	1,56	68,8	87
115	90	—	0,48	0,20	17	33	1,14	1,32	73,6	125
116	640	20	0,82	0,66	35	15	2,48	3,32	33,6	23
117	120	3	0,31	0,12	11	39	0,49	0,36	92,8	542
118	180	3	0,37	0,20	14	36	0,64	0,54	89,2	333
119	180	1	0,47	0,32	19	31	0,96	0,98	80,4	158
120	240	1	0,69	0,46	28	22	1,19	1,00	80,0	110
121	41	—	0,25	0,10	9	41	0,58	0,66	86,8	311
145	232	5	0,43	0,23	17	33	0,65	0,44	91,2	375



Tabelle XI  
Versuchsergebnisse von F. Alten.

Boden Nr.	pH		Lösliche Salze in mval pro 100 g Boden				Sorbierte Basen in mval pro 100 g Boden								Steighöhe m/m				Krit. Schicht- dicke cm	Minim. Wasser- kapazit. ‰	Verfügbares Kalium je ha				Verfügbares Magnesium je ha				Erforderliche Kali- düngung bei einem Ernteentzug von 4 kval/ha		Prak- tische Dünger- gabe kg K <sub>2</sub> O
	in H <sub>2</sub> O	in KCl	Na	K	Mg	Ca	Na	K	q <sub>K</sub>	Mg	q <sub>Mg</sub>	C <sub>1</sub>	S	q <sub>S</sub>	nach 5 Stunden	nach 25 Stunden	End- steig- höhe	1000 q			aus Lösung	aus Komplex	Summe kval	kg K <sub>2</sub> O	aus Lösung	aus Komplex	Summe kval	kg MgO	kval	kg K <sub>2</sub> O	
1	6,4	5,85	0,17	< 0,01	0,09	0,75	0,24	0,36	70	1,82	14	18,77	21,19	1,2	120	171	191	15	18	36,0	0,4	1,5	1,9	89	3,2	7,6	10,8	218	15,3	720	200
2	6,9	6,4	0,13	0,05	0,09	0,80	0,12	0,50	17	0,62	14	7,46	8,70	1,0	120	190	223	19	21	28,9	1,8	4,3	6,1	287	3,2	5,4	8,6	174	—	—	—
3	7,1	6,6	0,21	0,03	0,11	1,12	0,13	0,32	34	0,68	16	9,72	10,85	1,0	175	267	307	12	29	27,2	1,1	2,3	3,4	160	4,0	5,0	9,0	182	2,7	127	150
4	6,9	6,35	0,17	0,01	0,07	0,82	0,11	0,12	100	0,38	33	8,24	8,85	1,4	240	329	362	7,0	35	23,1	0,4	1,1	1,5	71	2,5	3,2	5,7	115	9,7	457	200
5	7,4	6,9	0,16	0,05	0,13	1,68	0,23	0,77	37	0,90	31	14,74	16,64	1,7	139	186	203	11	19	34,2	1,8	3,9	5,7	268	4,7	4,6	9,3	188	—	—	—
6	7,55	7,3	0,15	0,02	0,08	1,15	0,12	0,32	26	0,35	23	7,41	8,20	1,0	236	378	448	10	43	20,9	0,7	2,9	3,6	170	2,9	3,2	6,1	123	1,5	71	100
7	7,4	6,9	0,21	0,02	0,08	1,12	0,17	0,37	44	0,47	35	9,91	10,92	1,5	235	343	388	8,5	37	32,6	0,7	2,7	3,4	160	2,9	3,4	6,3	127	2,9	137	150
8	7,25	6,7	0,18	0,01	0,09	1,45	0,23	0,25	79	0,87	23	20,53	21,88	0,9	240	353	402	8,5	38	34,3	0,4	1,0	1,4	66	3,2	3,6	6,8	137	19,4	914	200
9	7,3	6,95	0,12	0,05	0,07	1,02	0,06	0,22	21	0,24	20	5,33	5,85	0,8	245	333	366	6,8	35	18,9	1,8	2,6	4,4	207	2,5	2,8	5,3	107	—	—	—
10	6,3	5,5	0,17	< 0,01	0,09	0,50	0,33	0,22	49	1,50	7,2	13,31	15,36	0,7	172	263	303	13	29	28,2	0,4	1,2	1,6	75	3,2	8,4	11,6	234	13,8	650	200
11	7,3	6,8	0,25	0,02	0,11	1,05	0,15	0,23	54	0,81	15	10,17	11,36	1,1	201	343	417	13	40	23,1	0,7	1,6	2,3	108	4,0	5,7	9,7	196	7,9	372	200
12	5,95	5,2	0,22	0,02	0,10	0,40	0,32	0,40	25	0,89	11	8,39	10,00	1,0	148	220	250	14	24	25,1	0,7	3,1	3,8	179	3,6	7,0	10,6	214	0,8	38	100
13	6,45	5,95	0,15	0,02	0,07	0,53	0,13	0,15	170	0,41	62	4,83	5,52	4,6	252	368	415	7,8	40	19,7	0,7	1,7	2,4	113	2,5	4,6	7,1	143	4,2	198	200
14	6,2	5,65	0,14	< 0,01	0,06	0,49	0,15	0,15	87	0,72	18	8,24	9,26	1,4	264	370	412	6,8	40	23,4	0,4	1,2	1,6	75	2,2	6,0	8,2	166	9,3	438	200
15	7,2	6,6	0,17	< 0,01	0,07	0,95	0,18	0,27	63	0,94	18	15,50	16,89	1,0	173	265	306	13	29	32,4	0,4	1,4	1,8	85	2,5	4,8	7,3	147	13,9	654	200
16	7,1	6,7	0,16	0,03	0,05	0,78	0,11	0,16	130	0,39	53	4,52	5,18	4,0	314	422	463	5,2	45	17,9	1,1	1,9	3,0	141	1,8	4,6	6,4	129	2,5	118	150
17	5,0	4,65	0,15	0,04	0,14	0,75	0,05	0,20	100	0,73	28	4,20	5,18	4,0	220	287	312	6,7	30	24,3	1,4	2,4	3,8	179	5,0	8,7	13,7	277	0,5	24	100
18	4,5	3,9	0,14	0,06	0,11	0,32	0,07	0,71	29	0,70	30	3,70	5,18	4,0	126	173	191	14	18	33,5	2,2	8,5	10,7	504	4,0	8,3	12,3	248	—	—	—
19	4,65	4,1	0,15	0,02	0,14	0,41	0,18	0,38	55	1,69	12	6,45	8,70	2,4	127	150	157	7,5	15	50,4	0,7	3,2	3,9	184	5,0	14,3	19,3	390	0,3	14	100
20	5,7	4,95	0,09	0,02	0,18	0,38	0,13	0,44	49	1,81	12	5,25	7,63	2,8	93	125	137	17	13	28,2	0,7	4,1	4,8	226	6,5	16,8	23,3	471	—	—	—
21	6,85	6,45	0,14	0,02	0,26	0,90	0,06	0,12	200	1,87	13	8,15	10,20	2,4	320	435	479	5,2	46	32,3	0,7	0,9	1,6	75	9,4	14,0	23,4	473	9,4	443	200
22	7,0	6,7	0,14	0,02	0,08	0,83	0,08	0,19	50	0,54	18	5,99	6,80	1,4	295	382	412	4,8	40	20,2	0,7	2,0	2,7	127	2,9	5,6	8,5	172	4,3	202	200
23	6,9	6,55	0,15	0,03	0,10	0,70	0,08	0,31	46	0,83	17	7,71	8,93	1,6	210	287	316	8,0	30	24,7	1,1	2,6	3,7	174	3,6	7,0	10,6	214	1,1	52	100
24	6,35	5,55	0,20	0,06	0,16	0,43	0,05	0,19	22	1,32	3,2	3,65	5,21	0,8	275	395	444	7,0	43	15,8	2,2	2,4	4,6	217	5,8	16,5	22,3	450	—	—	—
25	7,1	6,8	0,16	0,02	0,20	1,47	0,10	0,15	130	1,05	19	10,46	11,76	1,7	210	355	429	12	41	32,1	0,7	1,0	1,7	80	7,2	7,1	14,3	289	10,2	480	200
26	6,5	5,75	0,27	0,03	0,29	0,97	0,15	0,19	130	1,98	12	8,55	10,87	2,2	163	298	376	17	35	36,5	1,1	1,3	2,4	113	10,4	14,1	24,5	495	6,5	306	200
27	7,5	7,0	0,13	0,11	0,34	0,83	0,17	0,52	39	0,87	23	5,15	6,71	3,0	265	465	571	10	55	27,3	4,0	5,2	9,2	433	12,2	8,8	21,0	424	—	—	—
28	7,4	7,0	0,24	0,11	0,23	0,76	0,05	0,07	130	0,88	10	4,13	5,13	1,8	182	368	495	17	47	29,5	4,0	0,9	4,9	231	8,3	11,0	19,3	390	—	—	—
29	7,8	7,5	0,18	0,02	0,27	1,45	0,07	0,17	130	0,97	22	6,42	7,63	2,8	228	445	585	13	56	31,2	0,7	1,6	2,3	108	9,7	9,0	18,7	378	5,6	264	200
30	6,7	5,75	0,13	0,02	0,27	0,51	0,16	0,13	87	4,23	2,7	11,56	16,08	0,7	165	335	450	19	42	32,4	0,7	0,7	1,4	66	9,7	22,6	32,3	652	15,3	721	200
31	6,5	5,8	0,13	0,02	0,20	0,52	0,07	0,12	88	0,97	11	3,27	4,43	2,4	290	542	690	10	66	27,7	0,7	1,6	2,3	108							



Boden Nr.	pH		Lösliche Salze im mval pro 100 g Boden				Sorbierte Basen in mval pro 100 g Boden								Steighöhe m/m				Krit. Schicht- dicke cm	Minim. Wasser- kapazit. ‰	Verfügbares Kalium je ha				Verfügbares Magnesium je ha				Erforderliche Kali- düngung bei einem Ernteentzug von 4 kval/ha		Prak- tische Dünger- gabe kg K <sub>2</sub> O
	in H <sub>2</sub> O	in KCl	Na	K	Mg	Ca	Na	K	q <sub>K</sub>	Mg	q <sub>Mg</sub>	Ca	S	q <sub>S</sub>	nach 5 Stunden	nach 25 Stunden	End- steig- höhe	1000 q			aus Lösung	aus Komplex	Summe kval	kg K <sub>2</sub> O	aus Lösung	aus Komplex	Summe kval	kg MgO	kval	kg K <sub>2</sub> O	
50	5,05	4,5	0,05	0,08	Spur	0,17	0,04	0,26	48	0,23	55	1,57	2,10	6,0	247	285	296	3,3	29	14,0	2,9	5,0	7,9	372	?	4,5	4,5	91	—	—	—
51	4,9	4,6	0,04	0,02	Spur	0,21	0,02	0,05	530	0,17	150	1,02	1,26	21	65	89	98	11	9	10,5	0,7	1,1	1,8	85	?	3,6	3,6	73	3,0	141	150
52	6,4	6,1	0,34	<0,01	0,36	2,55	0,25	0,09	410	3,23	11	27,29	30,86	1,2	93	140	160	22	15	72,7	0,4	0,3	0,7	33	13,0	9,6	22,6	457	30,0	1413	200
53	5,0	4,45	0,06	0,03	0,06	0,29	0,06	0,14	140	0,31	65	2,13	2,64	7,6	225	270	285	4,8	27	13,1	1,1	2,4	3,5	165	2,2	5,2	7,4	149	0,9	42	100
54	4,5	4,1	0,19	0,04	0,16	0,50	0,01	0,07	190	0,48	28	2,14	2,70	5	63	81	87	22	8	30,1	1,4	1,2	2,6	122	5,8	8,3	14,1	285	2,6	122	100
55	7,35	6,8	0,11	0,02	0,14	1,15	0,14	0,51	49	1,65	15	15,69	17,99	1,4	235	350	398	8,8	38	29,4	0,7	2,4	3,1	146	5,0	7,9	12,9	261	5,8	273	200
56	4,65	4,25	0,24	0,03	0,21	1,28	0,09	0,22	120	1,65	16	12,49	14,45	1,8	100	130	141	14	13	81,8	1,1	1,2	2,3	108	7,6	9,4	17,0	343	8,6	405	200
57	5,2	4,7	0,27	0,07	0,10	0,68	0,12	0,33	55	0,64	29	4,59	5,68	3,2	188	318	383	13	36	39,3	2,5	3,7	6,2	292	3,6	7,3	10,9	220	—	—	—
58	4,75	4,4	0,30	0,19	0,14	0,52	0	0,17	98	0,33	51	1,02	1,52	11	295	370	395	4,3	38	20,0	6,8	3,6	10,4	490	5,0	7,0	12,0	242	—	—	—
59	4,7	4,4	0,24	0,07	0,05	0,56	0,11	0,10	250	0,20	120	1,84	2,25	11	145	238	284	17	27	25,0	2,5	1,7	4,2	198	1,8	3,5	5,3	107	—	—	—
60	4,85	4,3	0,05	0,08	0,05	0,22	0,05	0,36	24	0,53	16	2,17	3,11	2,8	210	270	292	6,7	28	27,1	2,9	6,0	8,9	419	1,8	8,7	10,5	212	—	—	—
61	6,0	5,5	0,09	0,01	0,01	0,50	0,28	0,09	170	0,43	37	5,22	6,02	2,6	187	260	287	9,3	27	25,6	0,4	1,0	1,4	66	0,4	4,7	5,1	103	7,2	339	200
62	5,8	5,0	0,18	<0,01	0,32	0,72	0,36	0,25	98	5,59	4,4	16,12	22,32	1,1	72	100	111	24	10	50,5	0,4	1,0	1,4	66	11,5	22,2	33,7	681	20,0	940	200
63	5,25	4,8	0,11	0,02	0,03	0,60	0,28	0,16	59	0,54	17	8,45	9,43	1,0	138	170	180	8,5	17	32,0	0,7	1,3	2,0	94	1,1	4,4	5,5	111	8,1	381	200
64	4,15	3,8	0,08	0,03	0,03	0,15	0,29	0,09	200	0,25	70	0,85	1,48	12	240	318	346	6,5	33	22,7	1,1	1,9	3,0	141	1,1	5,3	6,4	129	1,5	71	100
65	5,85	5,3	0,18	0,03	0,07	0,88	0,40	0,80	36	1,62	18	21,05	23,87	1,2	150	215	242	13	23	48,1	1,1	3,0	4,1	193	2,5	6,1	8,6	174	—	—	—
66	5,05	4,8	0,74	0,12	0,31	1,21	0,43	0,22	70	1,41	11	7,65	9,71	1,6	71	138	180	43	16	77,0	4,3	1,8	6,1	287	11,2	11,1	22,3	450	—	—	—
67	4,85	4,45	0,09	0,04	0,03	0,23	0,32	0,38	53	0,59	34	3,54	4,81	4,2	Probe nicht ausreichend				31	24,6	1,4	4,7	6,1	287	1,1	7,4	8,5	172	—	—	—
68	4,9	4,6	0,13	0,16	0,10	1,03	0,22	0,36	65	0,41	57	3,71	4,70	5,0	223	298	325	7,0	31	32,2	5,8	4,5	10,3	485	3,6	5,1	8,7	176	—	—	—
69	5,05	4,5	0,14	0,05	0,01	0,36	0,31	0,49	37	0,49	37	4,39	5,68	3,2	226	291	314	6,2	30	31,6	1,8	5,5	7,3	344	0,4	5,5	5,9	119	—	—	—
70	5,3	4,9	0,15	0,07	0,01	0,37	0,30	0,28	84	0,27	87	2,73	3,58	6,6	229	280	297	5,0	29	24,9	2,5	4,0	6,5	306	0,4	3,9	4,3	87	—	—	—
71	6,25	5,7	0,14	0,18	0,09	0,43	0,27	0,33	26	0,77	11	4,69	6,06	1,4	164	254	294	13	28	25,6	6,5	3,7	10,2	480	3,2	8,7	11,9	240	—	—	—
72	6,15	5,55	0,09	0,04	0,09	0,41	0,27	0,28	15	0,73	5,9	4,04	5,32	0,8	200	275	303	8,5	29	24,3	1,4	3,5	4,9	231	3,2	9,0	12,2	246	—	—	—
73	5,5	4,95	0,06	0,04	0,05	0,26	0,25	0,35	26	0,59	15	3,83	5,02	1,8	186	242	262	7,8	25	26,5	1,4	4,4	5,8	273	1,8	7,5	9,3	188	—	—	—
74	5,25	4,7	0,08	0,02	0,01	0,24	0,19	0,22	46	0,61	17	3,61	4,63	2,2	185	208	269	13	35	21,9	0,7	2,9	3,6	170	0,4	8,1	8,5	172	1,0	47	100
75	4,9	4,4	0,07	0,05	0,04	0,23	0,26	0,38	115	0,68	65	3,92	5,24	8,4	197	255	276	7,2	27	21,7	1,8	4,2	6,0	283	1,4	7,5	8,9	180	—	—	—
76	6,6	6,05	0,26	0,07	0,09	0,78	0,21	0,41	51	0,64	33	4,91	6,17	3,4	290	450	524	7,8	50	22,1	2,5	4,3	6,8	320	3,2	6,8	10,0	202	—	—	—
77	6,6	6,1	0,12	0,02	0,09	0,67	0,21	0,16	86	1,17	12	8,26	9,80	1,4	173	285	340	14	32	33,1	0,7	1,2	1,9	89	3,2	9,2	12,4	250	8,3	391	200
78	5,9	5,2	0,06	0,02	0,04	0,34	0,28	0,33	21	0,68	10	4,49	5,78	1,2	238	333	370	7,5	36	28,7	0,7	3,8	4,5	212	1,4	7,9	9,3	188	—	—	—
79	7,2	6,5	0,09	0,04	0,24	0,92	0,27	0,67	34	3,26	6,9	13,10	17,30	1,3	135	180	196	12	19	43,2	1,4	3,3	4,7	221	8,6						



Boden Nr.	pH		Lösliche Salze im mval pro 100 g Boden				Sorbierte Basen in mval pro 100 g Boden								Steighöhe m/m				Krit. Schicht- dicke cm	Minim. Wasser- kapazit. %	Verfügbares Kalium je ha				Verfügbares Magnesium je ha				Erforderliche Kali- düngung bei einem Ernteentzug von 4 kva/ha		Prak- tische Dünger- gabe kg K <sub>2</sub> O
	in H <sub>2</sub> O	in KCl	Na	K	Mg	Ca	Na	K	q <sub>K</sub>	Mg	q <sub>Mg</sub>	Ca	S	q <sub>S</sub>	nach 5 Stunden	nach 25 Stunden	End- steighö- he	1000 q			aus Lösung	aus Komplex	Summe kval	kg K <sub>2</sub> O	aus Lösung	aus Komplex	Summe kval	kg MgO	kval	kg K <sub>2</sub> O	
103	5,95	5,25	0,11	0,02	0,07	0,37	0,17	0,30	84	1,08	23	6,32	7,87	3,2	167	245	278	12	26	24,2	0,7	2,7	3,4	160	2,5	9,7	12,2	246	2,0	94	100
104	6,8	6,05	0,09	0,02	0,18	0,73	0,15	0,23	87	2,20	9,1	10,81	13,39	1,5	230	353	408	9,5	39	26,7	0,7	1,4	2,1	99	6,5	13,4	19,9	402	9,6	452	200
105	6,5	5,9	0,09	0,03	0,14	0,58	0,12	0,36	130	1,42	33	8,00	9,90	4,8	250	375	427	8,3	41	31,9	1,1	2,6	3,7	174	5,0	10,3	15,3	309	1,0	47	100
106	6,4	5,6	0,09	0,04	0,15	0,43	0,16	0,39	69	1,67	16	6,18	8,40	3,2	106	177	213	24	20	26,4	1,4	3,3	4,7	221	5,4	14,3	19,7	398	—	—	—
107	6,55	5,8	0,08	0,03	0,15	0,50	0,19	0,46	75	1,62	21	8,48	10,75	3,2	134	214	252	18	24	27,2	1,1	3,3	4,4	207	5,4	11,4	16,8	339	—	—	—
108	6,1	5,3	0,13	0,07	0,07	0,34	0,14	0,50	78	0,98	40	5,32	6,94	5,6	213	284	311	7,5	30	20,9	2,5	4,7	7,2	339	2,5	9,2	11,7	236	—	—	—
109	6,8	6,15	0,18	0,08	0,17	0,82	0,13	0,42	96	0,77	52	7,08	8,40	4,8	177	260	294	11	28	21,6	2,9	3,5	6,4	301	6,1	6,4	12,5	253	—	—	—
110	6,2	5,4	0,10	0,02	0,12	0,40	0,12	0,33	44	1,73	8,3	8,13	10,31	1,4	181	266	301	11	29	28,3	0,7	2,5	3,2	151	4,3	13,1	17,4	351	3,5	165	150
111	7,85	7,25	0,21	0,02	0,18	1,20	0,17	0,48	24	1,20	9,5	10,82	12,67	0,9	304	468	540	7,2	52	27,9	0,7	3,1	3,8	179	6,5	7,8	14,3	289	1,0	47	100
112	8,0	7,4	0,22	0,04	0,19	1,10	0,18	0,64	25	1,29	13	10,42	12,53	1,3	320	545	658	8,0	63	30,2	1,4	4,1	5,5	259	6,8	8,4	15,2	307	—	—	—
113	7,9	7,2	0,28	0,05	0,16	1,02	0,18	0,60	13	1,09	7,4	9,76	11,63	0,7	295	485	578	8,2	56	29,1	1,8	4,2	6,0	283	5,8	7,6	13,4	271	—	—	—
114	7,8	7,25	0,23	0,03	0,18	1,18	0,18	0,55	39	1,22	18	11,58	13,53	1,6	247	398	472	9,8	45	28,6	1,1	3,4	4,5	212	6,5	7,4	13,9	281	—	—	—
115	7,7	7,1	0,42	0,02	0,22	1,16	0,25	0,33	54	1,87	9,5	13,63	16,08	1,1	176	304	372	15	35	32,9	0,7	1,8	2,5	118	7,9	9,9	17,8	360	9,5	447	200
116	6,5	5,95	0,57	0,45	Spur	0,37	0,09	0,40	56	0,32	70	1,64	2,45	9,2	202	336	402	12	38	14,4	16,2	6,9	23,1	1088	?	5,6	5,6	113	—	—	—
117	5,5	4,6	0,08	0,05	0,08	0,24	0,07	0,32	76	0,82	30	5,50	6,71	3,6	121	141	147	7,3	14	24,2	1,8	3,2	5,0	235	2,9	8,2	11,1	224	—	—	—
118	6,1	5,6	0,07	0,04	0,08	0,32	0,08	0,36	79	0,54	53	5,19	6,17	4,6	262	343	370	5,5	36	21,4	1,4	3,7	5,1	240	2,9	5,7	8,6	174	—	—	—
119	7,2	6,3	0,08	0,04	0,19	0,90	0,14	0,70	44	2,26	14	14,85	17,95	1,7	116	164	183	16	17	34,1	1,4	3,3	4,7	221	6,8	10,7	17,5	354	—	—	—
120	5,6	4,65	0,08	0,06	0,07	0,18	0,10	0,52	41	0,63	34	3,85	5,10	4,2	267	345	372	5,3	36	21,0	2,2	6,2	8,4	396	2,5	7,6	10,1	204	—	—	—
121	6,2	5,2	0,08	0,01	0,12	0,26	0,11	0,29	97	2,07	14	6,88	9,35	3,0	154	239	278	14	26	26,4	0,4	2,3	2,7	127	4,3	16,4	20,7	418	4,8	226	200

## Bemerkungen zur Tabelle XI von F. Alten.

### Die Bestimmung der kapillaren Steighöhe.

In ein 1½ bis 2 cm weites Glasrohr, dessen unteres Ende durch Gaze verschlossen ist, wird der gutgemischte lufttrockene Boden im stetigen Fluß eingefüllt. Es ist zweckmäßig, dabei das Rohr leicht aufzuklopfen, um eine möglichst dichte Lagerung zu erreichen. Das etwa 1 m hoch gefüllte Rohr wird in einer flachen, breiten, mit destilliertem Wasser gefüllten Schale auf einem Bänkchen aus Drahtnetz so aufgestellt, daß der Wasserspiegel in der Schale etwa 1 bis 2 mm über dem mit Gaze verschlossenen Rohrende steht. Man liest nun die nach bestimmten Zeiten erreichte Steighöhe ab, und zwar bei Böden mit einer Endsteighöhe bis ~ 300 mm nach z. B. 20 und 100 Stunden, während man für Böden mit einer Endsteighöhe von > 300 mm kleinere Zeitintervalle, z. B. 5 und 25 Stunden wählen kann. Der Endwert der Steighöhe wird nach folgender Hyperbelgleichung berechnet:

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

worin bedeutet:

- y = abgelesene Steighöhe in Millimetern
- x = Ablesezeit in Stunden
- E = Endsteighöhe in Millimetern
- q = Zeitmodul.

### Die Berechnung der kritischen Schichtdicke.

Aus der Steighöhe und deren Zeitmodul wird die kritische Schichtdicke nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{kritische Schicht} = E \cdot (1 - 0,447 \cdot \sqrt{q})$$

für 0,2 mm Strömungsgeschwindigkeit, d. h. unter der Annahme, daß die Bodenlösung mit einer Geschwindigkeit von 0,2 mm pro Stunde den Wurzeln zuströmt.

### Die Bestimmung der minimalen Wasserkapazität.

10 g Bodentrockensubstanz werden in einem Glas- oder Porzellan-filtriegel gründlich mit überschüssigem Wasser angerührt. Der Tiegel wird sodann für mindestens 12 Stunden in eine Schale gestellt, die Wasser bis zur Höhe der Bodenschicht enthält. Dann wird mit der Wasserstrahlpumpe unter Überleiten von wasserdampfgesättigter Luft das überschüssige Wasser abgesogen, bis kein Filtrat mehr erhältlich ist, und gewogen.

Berechnung: (Nasser Boden — Trockener Boden) · 10 = Minimale Wasserkapazität pro 100 g Trockensubstanz.

### Die Untersuchung der Bodenlösung.

Die Bestimmung der in Lösung vorhandenen Kationen geschieht in folgender Weise: 100 g Bodentrockensubstanz werden mit 500 ccm kohlensäurefreiem Wasser zwei Stunden in Stohmannflaschen im Rotierapparat geschüttelt. Danach wird durch ein hartes Filter filtriert. Vom Filtrat werden 150 ccm (entsprechend 30 g Boden) abpipettiert und zur Bestimmung von Kalium und Magnesium verwandt. Ist in der Lösung



organische Substanz vorhanden, so muß diese durch Glühen zerstört werden. Darauf werden in dieser Lösung der Kalk mit Ammonoxalat und im Filtrat vom Kalk das Magnesium mit Oxychinolin gefällt und bestimmt ( $1 \text{ cm}^3 \text{ n/25 KMnO}_4 = 0.133 \text{ Milliäquivalent Ca}$ ;  $1 \text{ mg Mg-Niederschlag} = 0.01915 \text{ Milliäquivalent Mg}$  auf  $100 \text{ g Bodentrockensubstanz}$ ). Weitere  $150 \text{ ccm}$  Filtrat werden zur Trockne eingedampft und zur Zerstörung der organischen Substanzen und evtl. vorhandener Ammoniumsalze unter Zusatz von reiner Oxalsäure in einer Platinschale schwach geglüht. Der Rückstand wird mit genau  $10 \text{ ccm}$  Wasser (pipetieren) aufgenommen. Man filtriert vom Ungelösten durch ein kleines Filter in ein trockenes Reagenzglas ab. Von dieser Lösung werden  $5 \text{ ccm}$  entsprechend  $15 \text{ g Bodentrockensubstanz}$  für die Kalibestimmung und  $2 \text{ ccm}$  entsprechend  $6 \text{ g Boden}$  zur Natriumbestimmung verwandt. Das Kali wird nach der Mikromethode mit Natriumkobaltnitrit bestimmt ( $1 \text{ cm}^3 \text{ n/100 KMnO}_4 = 0.0121 \text{ Milliäquivalent K}$  auf  $100 \text{ g Bodentrockensubstanz}$ ). Die Natriumbestimmung erfolgt mittels Uranylmagnesiumacetat ( $1 \text{ mg Niederschlag} = 0.0113 \text{ Milliäquivalent Na}$  auf  $100 \text{ g Bodentrockensubstanz}$ ).

Die Bestimmung der Summe S  
der sorptiv gebundenen Basen und des Sorptions-  
moduls qs der einzelnen sorptiv gebundenen Basen  
Na, K, Mg und Ca und ihrer zugehörigen Moduln q.

Das Verhältnis der zwei zur Bestimmung des Gesamtkurvenverlaufes nach der Gleichung

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

nötigen Bestimmungspunkte  $x_1$  und  $x_2$  ist für alle Fälle ausreichend und am praktischsten bei der Berechnung, wenn man das Verhältnis  $x_2 = 2 x_1$  wählt. Um stets mit einem genügend großen Überschuß an verdrängenden  $\text{NH}_4$  zu arbeiten, wurde die einwirkende Kationenmenge so gewählt, daß auf  $100 \text{ g Bodentrockensubstanz}$   $x_1 = 100$  und  $x_2 = 200$  Milliäquivalent  $\text{NH}_4$  in Form von  $\text{n/5 NH}_4\text{Cl}$ -Lösung verwandt wurden.

Es wurden also  $100 \text{ g Bodentrockensubstanz}$  mit  $\text{n/5 NH}_4\text{Cl}$ -Lösung 2 Stunden geschüttelt. Die Konzentration der  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Lösung ist durch Einstellung gegen Formaldehyd vorher zu prüfen. Dann wird durch ein geeignetes Filter völlig klar abfiltriert.

#### Bestimmung des S.

Von den beiden Filtraten werden je  $25 \text{ ccm}$  zur S-Bestimmung pipetiert. Die erhaltene Lösung ist, je nachdem es sich um alkalische oder saure Böden handelt, alkalisch oder sauer. Sie wird im ersteren Falle mit  $\text{n/10 HCl}$  gegen Bromthymolblau als Indikator genau neutralisiert. Ist die erhaltene Lösung sauer, so ist inogen gebundenes Aluminium ausgetauscht worden. In diesem Falle wird nicht neutralisiert, da es auf die S-Bestimmung ohne Einfluß ist, ob statt des nicht ausgetauschten  $\text{NH}_4\text{Cl}$  das ausgetauschte Al titriert wird, da in jedem Falle die Differenz:

verbrauchte  $\text{cm}^3$   $n/10$  NaOH auf  $25 \text{ cm}^3$  der verdrängenden  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Lösung minus verbrauchte  $\text{cm}^3$   $n/10$  NaOH für  $25 \text{ cm}^3$  des Filtrates der Ausschüttelung der Menge der ausgetauschten Kationen äquivalent ist.

Man fügt zu der pipettierten Lösung  $10 \text{ ccm}$  gegen Bromthymolblau genau neutralisiertes Formaldehyd hinzu und titriert mit  $n/10$  NaOH unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator. Die beiden Indikatorfarben stören sich nicht.

Aus den beiden Titrationswerten berechnet sich bei Verwendung von  $n/5$   $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Lösung:

$$y_1 S = 2 (50 - \text{cm}^3 n/10 \text{ NaOH}),$$

$$y_2 S = 4 (50 - \text{cm}^3 n/10 \text{ NaOH}).$$

Aus  $y_1 S$  und  $y_2 S$  erhält man durch Rechnung den Grenzwert  $S$  und den Modul  $Q_s$ .

Die Berechnung des Grenzwertes  $S$  der Basensumme im Komplex und des Sorptionsmoduls  $Q_s$  erfolgt nach der Hyperbelgleichung:

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

$x_1, x_2$  Milliäquivalent verdrängendes  $\text{NH}_4$

$y_1, y_2$  Milliäquivalent verdrängte Basensumme bei  $x_1$  bzw.  $x_2$  Milliäquivalent verdrängendem  $\text{NH}_4$ .

#### Bestimmung der einzelnen sorptiv gebundenen Basen Na, K, Mg und Ca.

In  $150$  bzw.  $500 \text{ ccm}$  des Filtrates der Chlorammoniumausschüttelungen werden das Na, K, Mg genau wie in der Bodenlösung bestimmt. Das sorptiv gebundene Ca wird aus der Differenz berechnet.

Zu beachten ist, daß die für die Basen Na, K und Mg ermittelten Milliäquivalentzahlen Werte darstellen, die um die wasserlöslichen Milliäquivalente zu vermindern sind, um zu den wahren Werten  $y_1$  und  $y_2$  zu kommen, die der Berechnung der Grenzwerte Na, K und Mg und ihrer zugehörigen  $q$ -Werte zugrunde zu legen sind.

Z. B.  $y_1 K =$  im ersten  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Auszug gefundene Milliäquivalent minus Milliäquivalent wasserlösliches K.

$y_2 K =$  im zweiten  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Auszug gefundene Milliäquivalent minus Milliäquivalent wasserlösliches K.

Die Berechnung der Grenzwerte des Na, K und Mg und ihrer Moduln  $q$  erfolgt analog der Berechnung des  $S$ -Wertes.

Für Ca in sorptiver Bindung gilt:

$$\text{Ca} = S - (\text{Na} + \text{K} + \text{Mg}),$$

$$y_1 \text{Ca} = y_1 S - (y_1 \text{Na} + y_1 \text{K} + y_1 \text{Mg}).$$

Die Berechnung der verfügbaren Nährstoffmengen erfolgte für eine Schicht von  $30 \text{ cm}$  und unter Zugrundelegung eines Bodentrockengewichts von  $120$  to pro Hektar und  $1 \text{ cm}$  Schicht.



## Verarbeitung der Versuchsergebnisse.

Wohl das schwierigste Problem unserer ganzen Gemeinschaftsarbeit ist die Verarbeitung des umfangreichen Beobachtungsmaterials, welches in dieser Arbeit niedergelegt wurde; denn hiervon hängen auch letzten Endes alle weiteren Folgerungen, wie die ganze Fortsetzung der großen Arbeit in erster Linie ab. Es hat schließlich keinen Zweck, die Bodenarten nach allen nur möglichen Methoden zu untersuchen, wenn man nicht mit Hilfe dieser Untersuchungen weiter in die bodenkundlichen Probleme vorzudringen vermag. Und da uns nun einmal ein jeder Boden als eigenes Individuum entgegentritt, da er ja auch nach allen möglichen Richtungen physikalisch und chemisch untersucht werden kann, so sind die sich uns hier bietenden Schwierigkeiten ganz unübersehbar.

Wie es damals in Kopenhagen bei der Gründung unserer internationalen Arbeitsgemeinschaft vorgesehen worden war, so steht die Bestimmung der für die Pflanze aufnehmbaren Kali- und Phosphorsäure-Mengen zunächst zur Erörterung, und so war es naheliegend festzustellen, was hierbei die verschiedenen Methoden bei dem vorliegenden Material der 120 Bodenarten ergaben bzw. inwieweit sie eine Übereinstimmung in ihren Ergebnissen zeigten.

Dieses Problem hat bereits eine Bearbeitung gefunden: Herr *Åstrand* hat das gesamte einschlägige Material mit der Korrelationsrechnung verarbeitet und sich damit den uneingeschränkten Dank der Mitarbeiter erworben. Herr *Mitscherlich* hat hierfür eine eigene Rechnungsart, die sich an diese Rangordnungsrechnung anschließt, verwendet, welche nicht nur den Zusammenhang der Ergebnisse der Laboratoriumsmethoden mit denen des Gefäßversuches darlegt, sondern es gleichzeitig auch gestattet zu erkennen, wenn ein bestimmter Boden nach irgendeiner der Methoden in seinen Ergebnissen herausfällt.

Herr *Niklas* gab uns Berechnungen zum Vergleich der Ergebnisse sämtlicher Methoden mit den Ergebnissen einmal des Gefäßversuches und ferner mit denen der Keimpflanzenmethode.

Herr *Kühn* gab uns schließlich vergleichende Berechnungen für die Phosphorsäurebestimmungen nach den verschiedenen Methoden.

Vergleichende Untersuchungen gegen die Ergebnisse des Gefäßversuches lieferte endlich Herr *Franck* für die Egner'sche Laktatmethode und Herr *Sekera* für seinen Mikrodüngungsversuch.

Es mögen nun nachstehend schließlich noch alle diese Verarbeitungsversuche hier folgen:

### I. Ausgleich nach dem Korrelationsverfahren.

Von H. Åstrand-Arlöv.

Nachfolgend werden die Tabellen der Korrelationskoeffizienten, und zwar einmal für die Phosphorsäureergebnisse und dann für die Kali-ergebnisse wiedergegeben. Über diese Rechnungen ist folgendes zu bemerken: Für jede Methode sind die Analysenwerte erst in 10 bis 12 Gruppen eingeteilt, wenn die Zahlen nicht von Anfang an noch weniger verschiedene Werte aufwiesen (z. B. Ergebnisse von *Keller* und von *Stöckli*). Eben für diese letztgenannten Methoden sind die Korrelationskoeffizienten sicher zu niedrig ausgefallen. Man hätte ohne Zweifel höhere Werte bekommen, wenn die Resultate nicht so stark abgerundet waren.

Die Absolutwerte der Koeffizienten werden ja immer größer, wenn das Beobachtungsmaterial verhältnismäßig viele Extremwerte aufweist. Führt man z. B. dieselbe Rechnung nur an den deutschen Böden 50—120 aus, die mehr gleichartig sind, werden fast alle Koeffizienten niedriger, wenn auch ihre gegenseitigen relativen Größen annähernd dieselben sind. Für die Böden 1—50, die von verschiedenster Herkunft, und sowohl extrem arm, wie sehr reich sind, werden die Koeffizienten wieder höher als für alle Böden zusammen. Ihre relativen Werte werden dagegen wenig beeinflusst.

Die Voraussetzung dafür, daß der Korrelationskoeffizient eine gute Beschreibung von dem Zusammenhange zwischen zwei Variablen gibt, ist ja die Gradlinigkeit der Regression. Im vorliegenden Material scheint dies wenigstens annähernd der Fall zu sein. Die Verteilung der Variablen soll auch normal sein, was bei den Phosphorsäurewerten jedoch nicht der Fall ist, da die niedrigeren Werte relativ viel häufiger als die höheren sind. Da die Verteilung der Analysenwerte jedoch bei den meisten Methoden recht gleichartig ist, hat dieser Umstand die relativen Werte der Koeffizienten nicht allzu stark beeinflusst. Hoffentlich wird die Absicht aller dieser Rechnungen, einen bequemen quantitativen Vergleich zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Methoden zu erhalten, erzielt sein.



Tabelle XIII

[illegible]

## II. Der Vergleich der Ergebnisse der Kali- und Phosphorsäureuntersuchungen sämtlicher Methoden mit denen des Gefäßversuches, sowie sämtlicher Methoden untereinander bei Berücksichtigung der einzelnen Bodenarten.

Von Eilh. Alfred Mitscherlich.

Um zunächst überhaupt einen Vergleich herbeiführen zu können, haben wir die Ergebnisse des Gefäßversuches zunächst auf die Gewichtseinheit umgerechnet. Es war uns das möglich, weil wir die Gewichtsmengen an Boden festgestellt hatten, welche in unsere Gefäße jeweilig eingefüllt worden waren. — Ich habe eine derartige Umrechnung hier für zweckmäßig erachtet, um nicht sämtliche Ergebnisse von allen unseren Mitarbeitern umrechnen zu müssen, und um ihr Material auch so benutzen zu können, wie sie es uns mitgeteilt haben.

Dieses vorausgeschickt gibt der Gefäßversuch nun einen Grenzwert für die Bedürftigkeit eines Bodens; er liegt bei Phosphorsäure bei 10.5 mg je 100 g Boden, bei Kali bei 16 mg je 100 g Boden.

Wir wollen zunächst diesen Vergleich bei einem Beispiel durchführen, und zwar wähle ich hierfür die *Egnérsche* Laktatmethode der Phosphorsäurebestimmung und Ergebnisse, die unser Mitarbeiter Dr. *Arrhenius*-Stockholm uns lieferte.

Schon in Oxford berichtete ich, daß es mir zweckmäßig erschien, hierzu die Beobachtungen des Gefäßversuches als Abszisse und die der anderen Methode als Ordinate in Koordinaten einzutragen, so daß hier für jeden untersuchten Boden ein ganz bestimmter Punkt im Koordinatensystem festgelegt wird. Würden alle Beobachtungen eine Übereinstimmung beider Methoden ergeben, so müßten sie alle auf einer geraden Linie liegen, welche durch den Koordinatenanfangspunkt geht und deren Neigung von dem Verhältnis der beobachteten Zahlen der beiden Methoden zueinander abhängig ist. Je geringer nun aber die Übereinstimmung zwischen je zwei Methoden ist, um so größer wird die Abweichung der verschiedenen Punkte (= Bodenarten) von dieser Geraden werden.

Bei allen Methoden werden wir nun finden, daß sie übermäßige Armut und übermäßigen Reichtum an einem der beiden Nährstoffe mit großer Sicherheit anzugeben vermögen, daß sie aber gerade in den kritischen Fällen versagen. Uns kommt es nun ja darauf an, festzustellen, welche aller Methoden auch hier noch die größte Anzahl von Böden mit der Gefäßmethode übereinstimmend beurteilt; denn je besser dies eine Methode vermag, je weniger Bodenarten nach ihr zweifelhaft hinsichtlich ihres Düngerbedürfnisses verbleiben, um so weniger brauchen wir unsere Standardmethode selbst, welche verhältnismäßig langsam und damit teuer arbeitet, für unsere Bodenuntersuchungen heranziehen, und das ist ja in meinen Augen der hauptsächliche Zweck unserer ganzen Untersuchungen.



Tabelle XIV  
Ergebnisse der Gefäßversuche nach *Mitscherlich*.  
mg in 100 g Boden.

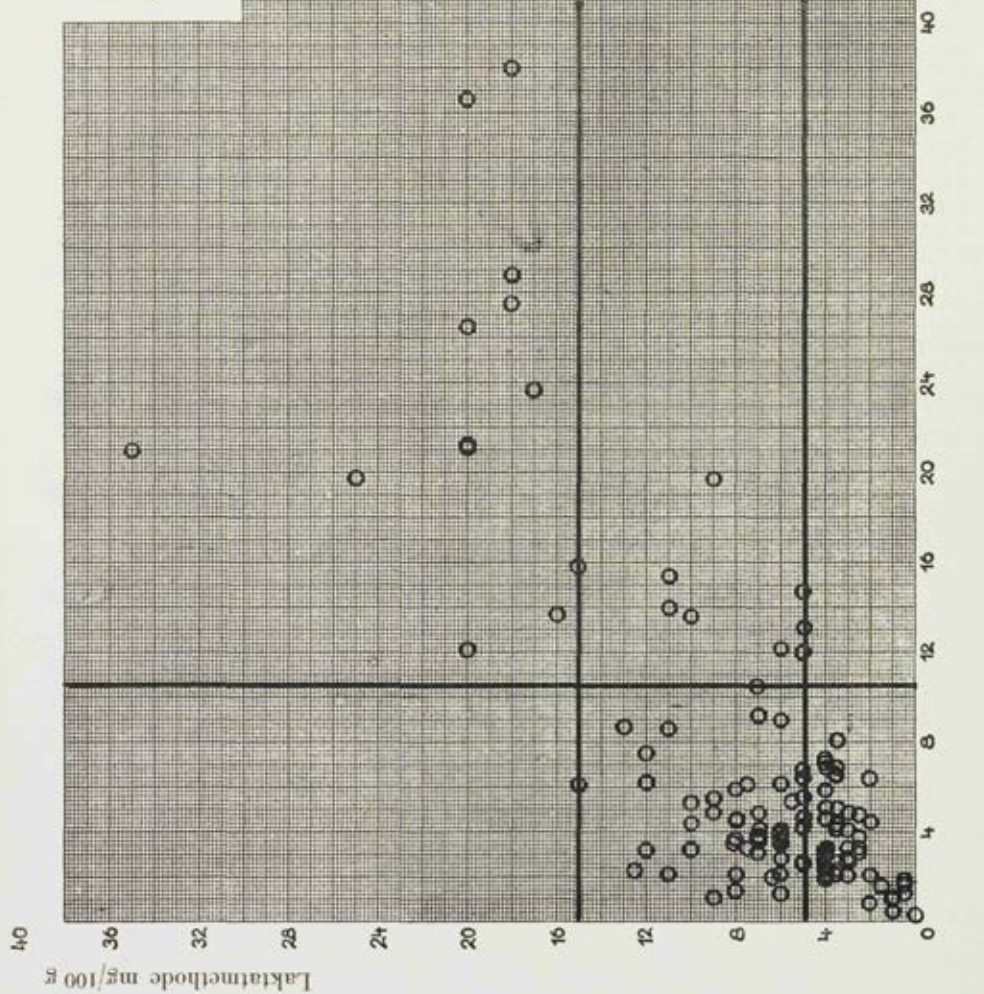
Boden Nr.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Boden Nr.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Boden Nr.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	1,1	16,2	41	1,7	39,7	81	5,1	11,8
2	21,1	39,3	42	4,5	20,9	82	3,3	30,9
3	15,8	24,6	43	1,1	46,9	83	3,6	12,0
4	5,5	12,4	44	3,8	10,0	84	9,2	44,4
5	21,0	23,6	45	4,4	31,5	85	4,1	13,3
6	36,6	19,9	46	6,2	31,3	86	4,4	22,0
7	12,1	31,6	47	2,9	21,2	87	3,1	24,6
8	2,3	17,3	48	8,6	30,5	88	2,7	14,5
9	21,2	24,8	49	0,8	21,0	89	3,2	8,8
10	2,1	16,5	50	7,1	9,0	90	2,8	18,4
11	6,1	26,4	51	14,7	2,7	91	4,6	19,3
12	7,5	18,3	52	2,0	2,7	92	4,0	12,8
13	4,3	8,3	53	10,5	6,5	93	15,4	23,5
14	3,5	13,0	54	1,0	2,2	94	3,3	28,5
15	5,3	27,4	55	4,9	21,9	95	4,1	20,0
16	23,7	13,3	56	4,8	3,1	96	3,3	25,1
17	8,7	16,4	57	3,3	15,2	97	2,7	15,2
18	4,7	36,6	58	4,1	12,7	98	4,9	17,2
19	3,0	20,4	59	6,5	5,4	99	5,9	9,5
20	2,2	27,1	60	13,1	16,0	100	2,1	20,7
21	1,4	10,5	61	5,9	2,7	101	3,9	26,9
22	1,3	18,2	62	0,5	2,7	102	13,6	21,8
23	5,6	23,3	63	1,3	2,5	103	2,7	16,0
24	12,0	22,7	64	6,8	3,3	104	3,6	13,8
25	19,8	27,4	65	4,5	21,3	105	3,6	10,3
26	2,4	29,0	66	6,4	7,1	106	2,8	20,3
27	80,0	36,8	67	9,0	10,4	107	2,6	30,7
28	2,7	34,0	68	2,1	30,7	108	1,9	15,7
29	6,9	23,7	69	3,8	19,0	109	2,1	28,7
30	1,9	8,4	70	4,2	13,6	110	2,1	18,7
31	1,6	10,5	71	12,2	88,0	111	3,7	27,6
32	8,1	24,9	72	7,3	29,3	112	6,2	34,4
33	6,4	20,7	73	5,1	19,2	113	4,2	36,6
34	38,0	25,6	74	3,1	10,5	114	3,2	32,0
35	28,8	23,8	75	2,1	16,8	115	2,1	19,0
36	27,5	21,0	76	19,7	27,4	116	14,0	88,0
37	3,2	5,9	77	2,3	8,7	117	3,1	12,3
38	13,7	19,9	78	6,9	18,2	118	4,6	20,5
39	26,5	19,6	79	5,4	26,3	119	4,9	29,3
40	0,3	19,8	80	2,2	34,9	120	6,2	14,4
						121	1,1	23,1
						145	6,0	10,0

Tabelle XV  
Zu den Verrechnungen von *E. A. Mitscherlich*  
 $P_2O_5$ , Lactatmethode nach *Egnér*  
(Versuchsergebnisse von *Arrhenius*).  
Boden 1—120.

Boden	$P_2O_5$	Ord- nungs- zahl	Boden	$P_2O_5$	Ord- nungs- zahl	Boden	$P_2O_5$	Ord- nungs- zahl
+ 27	40	1	44	7	41—47	81	4	72—87
+ 5	35	2	+ 53	7		87	4	
+ 25	25	3	84	7		89	4	
+ 2	20	4—8	98	7		91	4	
+ 6	20		104	7		94	4	
+ 7	20		113	7		97	4	
+ 9	20		117	7	48—59	108	4	88—97
+ 39	20	9—11	14	6		10	3,5	
+ 34	18		22	6		28	3,5	
+ 35	18		46	6		29	3,5	
+ 36	18		67	6		32	3,5	
+ 16	17	12	+ 71	6		59	3,5	
+ 38	16	13	83	6	60	73	3,5	98—104
+ 3	15	14 Böden ↑ reich	90	6		77	3,5	
11	15		92	6		80	3,5	
17	13	14—15	95	6		85	3,5	
8	12,5	17	101	6		86	3,5	
12	12	18—20	105	6		55	3	105—108
112	12		110	6	61—71	57	3	
114	12		79	5,5		58	3	
48	11		+ 24	5		88	3	
68	11	21—24	+ 51	5		100	3	
+ 93	11		+ 60	5		106	3	
+ 116	11		13	5	72—87	109	3	109—112
15	10	25—28	18	5		56	2,5	
37	10		23	5		69	2,5	
45	10		64	5		74	2,5	
+ 102	10		66	5		96	2,5	
1	9	29—32	70	5		33	2	113
4	9		103	5		49	2	
+ 76	9		107	5		65	2	
119	9		19	4	72—87	75	2	
21	8	33 38	20	4		31	1,5	114—116
42	8		26	4		43	1	
99	8		47	4		54	1	
111	8		50	4		62	1	
115	8	39—40	52	4		30	0,5	117—119
118	8		61	4		41	0,5	
82	7,5		72	4		63	0,5	
120	7,5		78	4		40	0	120



Vergleich der Ergebnisse  
der Laktatmethode nach *Egnér* (aus-  
geführt von *Arrhenius*-Stockholm)  
mit denen der Gefäßmethode.



Nachdem wir nun in unserem Beispiel die verschiedenen 120 Bodenarten mit ihren Ergebnissen in Koordinaten eingetragen haben, zeichnen wir zunächst den Grenzwert der Gefäßmethode ein; er liegt wie gesagt bei 10,5 mg Phosphorsäure. In diesem Punkte werden wir danach eine Senkrechte errichten. Wir ziehen nunmehr eine Parallele zur X-Achse, welche gerade noch die Beobachtung trifft, welche auf der rechten Seite unserer Senkrechten zu unterst liegt. Dann müssen alle links von unserer Senkrechten liegenden Bodenarten, die unter dieser Parallelen liegen, sicher nach beiden Methoden als „düngerbedürftig“ festgestellt sein. Wir ziehen nunmehr eine zweite Parallele zur X-Achse durch die Beobachtung hindurch, welche auf der linken Seite unserer Senkrechten am höchsten liegt; dann müssen sicher alle rechts von unserer Senkrechten und über dieser Parallelen liegenden Bodenarten nach beiden Methoden ausreichend mit Phosphorsäure versorgt sein! Alle Bodenarten, welche nun zwischen den beiden zur X-Achse gezogenen Parallelen liegen, sind nach der betreffenden Laboratoriumsmethode nicht mehr mit Sicherheit hinsichtlich ihrer Düngerbedürftigkeit feststellbar. Je weniger Bodenarten das sind, um so besser stimmen die Ergebnisse der betreffenden Methode mit denen des Gefäßversuches überein.

Das gleiche wie beim Koordinatensystem kann man auch in folgender Weise erreichen, wobei man noch den Vorteil hat, daß man die Untersuchungen der einzelnen Bodenarten nach den verschiedenen Methoden tabellarisch zusammenstellen kann: Man ordnet alle Ergebnisse bei jeder der Methoden der Größe nach, beginnend mit dem höchsten Werte. Dabei setzen wir die Nummer des betreffenden Bodens voran, wie wir dieses bei dem Beispiel der Laktatmethode getan haben.



Tabelle XVI  
Zu den Verrechnungen von *E. A. Mitscherlich* für Kali.

Nr.	Boden	n Dirks u. Scheffer	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	NH <sub>4</sub> Cl n. Saidel	NH <sub>4</sub> Cl n. Alten	NaCl n. Krauss	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> n. Volk u. Truog	NaCl n. Bondorff	Amalgam n. Herzner	HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmond	HCl n. Kirssanoff	Aspergillus n. Niklas			Mikro-Düngungs-Versuch n. Sekera	Keimpflanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich
1		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	Niklas	Smith	Baeyens	o	+	+
2		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
3		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
4		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
5		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
6		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
7		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
8		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
9		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
10		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
11		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
12		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
13		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
14		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
15		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
16		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
17		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
18		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
19		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
20		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
21		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
22		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
23		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
24		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
25		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
26		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
27		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
28		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
29		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
30		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
31		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
32		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
33		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
34		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
35		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
36		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
37		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
38		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
39		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
40		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
41		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
42		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
43		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+
44		o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	+	o	+	+

Nr.	Boden	n Dirks u. Scheffer	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	NH <sub>4</sub> Cl n. Sidel	NH <sub>4</sub> Cl n. Alten	NaCl n. Krauss	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> n. Volk u. Truog	NaCl n. Bondorff	Amalgam n. Herzner	HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmund	HCl n. Kirssanoff	Aspergillus n. Niklas	Mikro-Düngungs-Versuch n. Sekera	Keimpflanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich
												Niklas			
												Smith			
												Baeyens			



Nr.	Boden
n. Dirks u. Scheffer	
CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	
NH <sub>4</sub> Cl n. Saidel	
NH <sub>4</sub> Cl n. Alten	
NaCl n. Krauss	
CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> n. Volk u. Truog	
NaCl n. Bondorff	
Amalgam n. Herzner	
HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmund	
HCl n. Kirssanoff	
Niklas	
Smith	
Baeyens	
Mikro-Düngungs-Versuch n. Sekera	
Keimpflanzen n. Neubauer	
Gefäßversuch n. Mitscherlich	

Tabelle XVII

Zu den Verrechnungen von *E. A. Mitscherlich* für Phosphorsäure.

Nr.	Boden
1	n. Dirks u. Scheffer
2	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich
3	CO <sub>2</sub> n. Puri
4	n/20 KCl + CO <sub>2</sub> n. Sidel
5	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Dreyspring-Heinz
6	Laktat n. Egnér (Franck)
7	Laktat n. Egnér (Arrhenius)
8	Zitron.-Säure n. König-Hasenbäumer
9	Zitron.-Säure n. Lemmermann-Fresenius
10	Zitron.-Säure n. Arrhenius
11	Essig- resp. Zitron.-Säure n. Demolon
12	HCl n. Kirssanoff
13	HNO <sub>3</sub> n. Bondorff
14	HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmund
15	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog
16	Amalgam n. Herzner
17	Kataphorese n. Reifenberg
18	Elektrolyse n. Mattson
19	(Niklas) } Aspergillus
20	(Smith) } n. Niklas
21	(Baeyens)
22	Mikro-Düng.-Vers. n. Sekera
23	Azotobakter n. Stöckli
24	Azotobakter n. Winogradsky
25	Cunninghamella n. Truog
26	Keimversuch n. Neubauer
27	Gefäßversuch n. Mitscherlich



Nr.	Boden
n. Dirks u. Scheffer	
CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	
CO <sub>2</sub> n. Puri	
n/20 KCl + CO <sub>2</sub> n. Saidel	
Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Dreyspring-Heinz	
Laktat n. Egnér (Franck)	
Laktat n. Egnér (Arrhenius)	
Zitron.-Säure n. König-Hasenbäumer	
Zitron.-Säure n. Lemmermann-Fresenius	
Zitron.-Säure n. Arrhenius	
Essig- resp. Zitron.-Säure n. Demolon	
HCl n. Kirssanoff	
HNO <sub>3</sub> n. Bondorff	
HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmund	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog	
Amalgam n. Herzner	
Kataphorese n. Reifenberg	
Elektrodialyse n. Mattson	
(Niklas) } Aspergillus	
(Smith) } n. Niklas	
(Baeyens)	
Mikro-Düng.-Vers. n. Sekera	
Azotobakter n. Stöckli	
Azotobakter n. Winogradsky	
Cunninghamella n. Truog	
Keimversuch n. Neubauer	
Gefäßversuch n. Mitscherlich	

Nr.	Boden
81	n. Dirks u. Scheffer
82	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich
83	CO <sub>2</sub> n. Puri
84	n/20 KCl + CO <sub>2</sub> n. Sidel
85	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Dreyspring-Heinz
86	Laktat n. Egnér (Franck)
87	Laktat n. Egnér (Arrhenius)
88	Zitron.-Säure n. König-Hasenbäumer
89	Zitron.-Säure n. Lemmermann-Fresenius
90	Zitron.-Säure n. Arrhenius
91	Essig- resp. Zitron.-Säure n. Demolon
92	HCl n. Kirssanoff
93	HNO <sub>3</sub> n. Bondorff
94	HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmund
95	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog
96	Amalgam n. Herzner
97	Kataphorese n. Reifenberg
98	Elektrodialyse n. Mattson
99	(Niklas) } Aspergillus
100	(Smith) } n. Niklas
101	(Baeyens) }
102	Mikro-Düng.-Vers. n. Sekera
103	Azotobakter n. Stöckli
104	Azotobakter n. Winogradsky
105	Cunninghamella n. Truog
106	Keimversuch n. Neubauer
107	Gefäßversuch n. Mitscherlich
108	
109	
110	
111	
112	
113	
114	
115	
116	
117	
118	
119	
120	
121	
145	



Jetzt erhalten alle Bodenarten nach der Höhe ihrer Ergebnisse Ordnungszahlen, wobei Böden, die genau das gleiche Ergebnis zeigten, so viele Ordnungszahlen erhalten, wie der Anzahl nach gleichwertige Böden vorhanden sind, da man hier ja nicht einem Boden vor dem anderen den Vorrang geben darf! Um nunmehr den Vergleich mit den Ergebnissen des Gefäßversuches durchzuführen, werden jetzt alle Bodenarten mit einem + Zeichen versehen, welche nach der Gefäßmethode über genügende Nährstoffmengen verfügen, so z. B. über 10,5 mg  $P_2O_5$ . Bei dem Boden, bei dem von oben her die Kontinuität der + Zeichen unterbrochen wird, hört die Übereinstimmung beider Methoden auf; bis hierher geben beide Methoden übereinstimmend die sicher „reichen“ Bodenarten an; umgekehrt, wo von unten anfangend die Kontinuität der nicht gezeichneten Bodenarten durch einen Boden unterbrochen wird, der ein Pluszeichen erhalten hatte, hört die Übereinstimmung auch auf dieser Seite auf; bis zu diesem Boden geben die beiden Methoden übereinstimmend die sicher düngerbedürftigen Böden an!

Wir haben nunmehr auf den folgenden Seiten diese Beobachtungen, die wir für die verschiedenen Bodenarten mit den verschiedenen Methoden machten, in ihrer Übereinstimmung mit dem Gefäßversuch zusammengestellt, und zwar derart, daß ein Pluszeichen die Übereinstimmung mit dem Gefäßversuchsergebnis unter den reichen Böden, ein Minuszeichen die Übereinstimmung bei den armen Böden bezeichnet; das mit „C“ keine Übereinstimmung bezeichnet wird, und ein Zeichen „X“ bedeutet, daß der betreffende Boden nach der betreffenden Methode nicht untersucht worden ist.

In den Tabellen XVIII und XIX haben wir die Bodenarten wiederum in Anordnung nach dem Versandregister mit den Ordnungszahlen versehen, welche ihnen nach den verschiedenen Methoden zukommen; und auf den weiteren Zusammenstellungen in Tabelle XX und XXI haben wir nunmehr die Anzahl der bei allen Methoden mit dem Gefäßversuch übereinstimmenden Ergebnisse in absoluten Werten und in Prozentzahlen wiedergegeben. In den letzten Spalten habe ich dann auch die Nummern der betreffenden Grenzböden wiedergegeben. Aus diesen Spalten ersieht man, daß bestimmte Böden, so bei der  $P_2O_5$ -Bestimmung Nr. 24, 60 und 17, bei der Kali-Bestimmung Nr. 55 und 40 häufiger als Grenzböden wiederkehren. Hierfür kann natürlich sowohl der Gefäßversuch mit seinen selbstverständlich unvermeidlichen Fehlern, als auch die betreffende andere Methode verantwortlich sein. Da man das aber nicht festzustellen vermag, erscheint mir ein Ausschalten dieser Bodenarten nicht statthaft zu sein.

Im übrigen ersieht man aus der Tabelle S. 162, daß wir für die Phosphorsäurebestimmung bereits recht brauchbare Laboratoriumsmethoden gefunden haben. Die Methode *Dreyspring* weist 84,4 % übereinstimmende Werte auf; die Methode *Dirks-Scheffer* (Wasserauszug) 81,8 %, die Methode *Demolon* 60 % und die Laktatmethode von *Egnér* 57,8 und 59,2 %! — Dieses Ergebnis ist bereits außerordentlich zufriedenstellend. Nicht so gut ist die Übereinstimmung der Ergebnisse der Kalimethoden mit denen des Gefäßversuches (vgl. Tabelle S. 161): Hier weist die Neu-



Tabelle XVIII  
Rangordnungszahlen nach E. A. Mitscherlich für Kali.

Boden Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			14	15	16	Boden Nr.
	nach Dirks u. Scheffer (Goy)	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	NH <sub>4</sub> Cl n. Saidel	NH <sub>4</sub> Cl n. Vageler-Alten	NaCl n. Krauss	NH <sub>4</sub> az n. Volk-Truog	NaCl n. Bondorff	Amalgam n. Herzner	HNO <sub>3</sub> n. v. Sig- mond-Becker	HCl n. Kirssanoff	Aspergillus n. Niklas			Mikro-Düng- Vers n. Sekera	Keimpflanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich	
											Niklas	Smith	Bacyens				
1	39-59	113-114	47-61	106-107	104-110	38-44	78-79	2	63-78	63-69	29	53-54	64-67	37-40	29	79	1
2	18-19	17-19	12-32	27-30	18-24	20-24	36	7-8	116-119	22-25	16	39-44	21	27-30	24	6	2
3	85-111	69-71	87-90	75-77	81-91	32-37	77	78-85	54-62	52-62	22-25	30-31	28-29	52-57	58	38-39	3
4	85-111	115-116	112-121	114	111-117	113-115	119	104-116	107-110	112-115	105-110	116	106-110	114-115	112	94	4
5	15-17	7	1-11	35-36	9-13	1	11	7-8	3	5	2	6	2	22-26	7	42	5
6	85-111	54-55	12-32	70-72	57-62	32-37	62	27-31	30-35	52-62	28	25	68-70	49-51	48	61-62	6
7	85-111	52-53	12-32	75-77	57-62	38-44	66-68	69-77	30-35	38-46	20-21	32-35	44	43-48	11	14	7
8	60-84	96-97	98-111	115-118	104-110	56-71	94-95	117-121	13-16	119-120	39-43	32-35	102-105	73-74	45	74	8
9	60-84	66-68	91-97	55-59	63-80	93-101	96	104-116	116-119	88-100	85-86	86-88	80-82	99	104	37	9
10	60-84	104-105	87-90	111-113	111-117	72-82	73-74	86-103	116-119	9-14	56-60	69-70	90-91	77-81	46-47	77	10
11	85-111	98	76-86	98-101	92-103	72-82	101-102	78-85	94-106	70-78	32-35	48-52	64-67	75-76	68	32	11
12	39-59	66-68	12-32	65-67	43-56	25-28	54	41-49	8-12	47-51	20-21	15-17	33	43-48	41	71	12
13	85-111	115-116	98-111	94-97	92-103	110-112	112	104-116	63-78	112-115	98-103	106-107	112	107	103	110	13
14	85-111	112	91-97	111-113	111-117	102-109	97-99	61-68	79-92	106-111	94-95	111	116	108-110	102	91	14
15	60-84	107	87-90	108-109	104-110	56-71	97-99	86-103	79-92	88-100	44	82	102-105	88-89	40	27-29	15
16	85-111	109-111	91-97	82-83	81-91	102-109	108-109	86-103	63-78	101-105	88-93	96-99	92-93	106	98-99	89-90	16
17	85-111	42-43	91-97	65-67	63-80	47-55	66-68	86-103	54-62	101-105	46-51	78-81	71	98	87	78	17
18	39-59	34-37	1-11	6	9-13	25-28	15	9-13	5-7	15-21	9-10	14	8	5-6	26	8-9	18
19	26-31	92-93	47-61	63-64	81-91	102-109	80-81	104-116	112-115	52-62	32-35	62-65	35	75-76	101	58	19
20	32-38	61-63	33-46	45-46	25-35	29	32-33	86-103	79-92	22-25	18	32-35	41	52-57	10	30	20
21	39-59	109-111	112-121	111-113	92-103	102-109	116	61-68	121	106-111	105-110	92-95	113-114	118	117	98-100	21
22	60-84	106	98-111	88-89	81-91	83-92	105-106	61-68	129	79-87	68-78	59-61	83-84	90-92	97	72-73	22
23	60-84	78-81	76-86	68-69	63-80	47-55	83-84	86-103	112-115	47-51	39-43	74-77	59-61	82-84	70	44	23
24	60-84	78-81	76-86	50-52	25-35	72-82	51-53	41-49	93	70-78	88-93	103-105	79	70-72	15	46	24
25	8-12	101-102	98-111	110	104-110	102-109	110	78-85	94-106	88-100	79-80	62-65	111	104-105	35	27-29	25
26	39-59	75-76	98-111	94-97	63-80	72-82	57-59	69-77	111	70-78	46-51	96-99	72	85-87	27	23	26
27	8-12	5-6	12-32	12	6-7	11-12	16	6	13-16	4	14	9-10	18	43-48	1	7	27
28	85-111	75-76	91-97	41-44	63-80	93-101	100	69-77	37-45	79-87	111-112	86-88	88-89	100-102	18-19	12	28
29	60-84	72-74	98-111	98-101	81-91	45-46	107	54-60	22-29	79-87	52-55	83-85	115	108-110	52	41	29
30	60-84	117	91-97	115-118	118-119	93-101	87-88	117-121	63-78	106-111	98-103	113-115	117	100-102	90-91	109	30
31	39-59	72-74	98-111	98-101	92-103	113-115	103	104-116	79-92	101-105	105-110	113-115	118	111-113	93-94	98-100	31
32	60-84	58	76-86	103-105	63-80	45-46	61	39-40	54-62	88-100	67	92-95	85-87	77-81	8	36	32
33	60-84	104-105	112-121	119-120	111-117	83-92	114	117-121	53	116-118	65	108-110	119	117	63	55-56	33
34	2	2	12-32	1	1	2-4	2	4	5-7	15-21	97	24	4	7-8	12	34	34
35	85-111	11	1-11	14-15	9-13	16-19	4	27-31	5-7	9-14	11	26-29	23	27-30	4	40	35
36	18-19	33	112-121	18	36-42	83-92	5-6	104-116	30-35	88-100	39-43	100-102	49	85-87	100	52-53	36
37	39-59	118	72-75	119-120	120	116-120	120	104-116	63-78	112-115	88-93	100-102	73-75	116	109	113	37
38	60-84	89-91	76-86	94-97	92-103	102-109	101-102	86-103	37-45	88-100	39-43	71-73	64-67	108-110	80	61-62	38
39	39-59	99	62-71	85-86	92-103	93-101	93	86-103	47-52	88-100	61-63	89-90	106-110	88-89	83-84	64	39
40	85-111	103	98-111	70-72	104-110	110-112	113	104-116	94-106	101-105	116-117	117-118	120	9-12	114-115	63	40
41	32-38	8	1-11	5	6-7	8-10	3	9-13	22-29	6-8	12-13	66-68	13	58-61	13	5	41
42	32-38	15	1-11	17	18-24	20-24	12	39-40	47-52	9-14	26	22-23	25-26	37-40	44	54	42
43	5	5-6	1-11	92-93	5	2-4	22	5	63-78	2	5	7	5	9-12	2	3	43



Boden Nr.	1 nach Dirks u. Scheffer (Goy)	2 CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	3 NH <sub>4</sub> Cl n. Sidel	4 NH <sub>4</sub> Cl n. Vageler-Alten	5 NaCl n. Krauss	6 NH <sub>4</sub> az n. Volk-Truog	7 NaCl n. Bondorff	8 Amalgam n. Herzner	9 HNO <sub>3</sub> n. v. Sig- mond-Becker	10 HCl n. Kirssanoff	Aspergillus n. Niklas			14 Mikro-Düng- Vers. n. Sekera	15 Keimplanzen n. Neubauer	16 Gefäßversuch n. Mitscherlich	Boden Nr.
											Niklas	Smith	Baeyens				
44	60-84	78-81	112-121	7	81-91	56-71	75-76	54-60	22-29	63-69	64	78-81	73-75	100-102	42-43	103-104	44
45	32-38	89-91	76-86	90-91	81-91	72-82	111	86-103	107-110	70-78	46-51	55-57	97-99	97	59	15	45
46	32-38	24	47-61	31-33	14	6-7	32-33	9-13	4	15-21	4	4	11	7-8	32	16	46
47	39-59	72-74	76-86	79-80	81-91	32-37	27	61-68	94-106	52-62	38	39-44	80-82	41-42	82	51	47
48	39-59	38	33-46	55-59	36-42	2-4	25	14	37-45	9-14	7	3	9	27-30	9	20	48
49	39-59	25-27	62-71	55-59	43-56	5	30	3	8-12	32-37	1	1	1	2-3	—	52-53	49
50	26-31	19-20	33-46	16	25-35	72-82	47	50-53	37-45	70-78	87	62-65	22	73-74	93-94	106	50
51	85-111	108	—	108-109	104-110	116-120	—	104-116	112-115	119-120	119-120	117-118	106-110	120	118-119	117-120	51
52	26-31	120	112-121	121	111-117	113-115	117	86-103	94-106	116-118	104	108-110	106-110	114-115	118-119	117-120	52
53	85-111	64-65	76-86	73-74	63-80	102-109	82	69-77	79-92	88-100	113-114	108-110	100	95-96	106	112	53
54	85-111	109-111	98-111	90-91	81-91	102-109	115	86-103	94-106	112-115	115	113-115	106-110	104-105	114-115	122	54
55	60-84	84-85	1-11	81	63-80	16-19	72	41-49	8-12	26-31	22-25	22-23	31-32	17-18	20	48	55
56	26-31	94	1-11	98-101	63-80	56-71	5-6	86-103	22-29	88-100	68-78	96-99	92-94	82-84	108	116	56
57	85-111	23	112-121	26	18-24	56-71	51-53	41-49	13-16	32-37	32-35	55-57	53	62-69	51	83-84	57
58	8-12	4	1-11	8	18-24	47-55	9	61-68	22-29	38-46	46-51	69-70	51-52	22-26	76	93	58
59	15-17	59	12-32	60	92-103	116-120	87-88	69-77	37-45	101-105	116-117	92-95	76-78	111-113	111	114	59
60	116-119	17-19	47-61	13	18-24	56-71	13	24-26	8-12	32-37	61-63	58	50	9-12	42-43	80-81	60
61	85-111	113-114	112-121	115-118	111-117	116-120	118	104-116	94-106	116-118	118	119-120	113-114	119	113	117-120	61
62	21	119	112-121	115-118	118-119	47-55	78-79	104-116	47-52	106-111	68-78	103-105	95-96	31-36	107	117-120	62
63	32-38	101-102	112-121	103-105	111-117	110-112	85-86	86-103	107-110	106-111	111-112	112	101	43-48	110	121	63
64	112-114	95	98-111	82-83	92-103	116-120	104	86-103	79-92	106-111	119-120	119-120	102-105	111-113	116	115	64
65	39-59	46-47	12-32	61	25-35	6-7	8	16-18	2	9-14	17	13	15	1	16	50	65
66	22-25	25-27	47-61	27-30	18-24	20-24	14	41-49	17-21	32-37	52-55	55-57	42	14-16	105	111	66
67	85-111	41	62-71	27-30	25-35	47-55	31	19	54-62	32-37	68-78	92-95	58	37-40	78	101	67
68	8-12	14	47-61	9	9-13	30-31	28-29	35-37	17-21	26-31	56-60	74-77	31-32	43-48	57	18-19	68
69	39-59	32	33-46	19	25-35	38-44	44-45	24-26	17-21	22-25	46-51	66-68	45-46	22-26	62	67-68	69
70	26-31	61-63	62-71	23	43-56	83-92	90-91	78-85	54-62	63-69	98-103	100-102	59-61	62-69	92	88	70
71	3-4	20	47-61	10	15-17	32-37	41	24-26	22-29	38-46	52-55	39-44	34	31-36	21	1-2	71
72	15-17	64-65	62-71	41-44	43-56	56-71	69-70	50-53	63-78	70-78	66	66-68	68-70	62-69	69	21-22	72
73	85-111	29-30	62-71	34	25-35	56-71	48-49	32-34	63-78	52-62	68-78	78-81	55-56	58-61	66-67	66	73
74	116-119	87-88	62-71	70-72	63-80	93-101	73-74	54-60	79-92	88-100	105-110	103-105	85-87	90-92	95	98-100	74
75	22-25	48-50	47-61	31-33	25-35	47-55	46	20-21	54-62	38-46	81-84	83-85	54	49-51	73-74	76	75
76	3-4	10	33-46	21	25-35	38-44	38	15	30-35	26-31	27	45-47	30	27-30	46-47	27-29	76
77	112-114	96-97	98-111	106-107	104-110	47-55	108-109	54-60	63-78	79-87	105-110	106-107	102-105	103	90-91	108	77
78	115	44-45	33-46	53-54	43-56	38-44	48-49	78-85	94-106	52-62	68-78	71-73	37-40	77-81	72	72-73	78
79	32-38	28	33-46	47-49	36-42	8-10	18	35-37	22-29	6-8	22-25	15-17	17	19-21	3	33	79
80	22-25	52-53	12-32	38	43-56	25-28	51-53	22-23	47-52	38-46	46-51	20-21	28-29	52-57	25	10	80
81	120-121	61-63	33-46	62	57-62	47-55	56	54-60	94-106	52-62	79-80	48-52	62-63	58-61	54-55	97	81
82	112-114	66-68	72-75	84	81-91	56-71	90-91	69-77	63-78	70-78	88-93	74-77	97-99	93-94	60-61	17	82
83	116-119	84-85	87-90	103-105	92-103	93-101	105-106	78-85	94-106	79-87	98-103	89-90	85-87	93-94	83-84	96	83
84	1	3	1-11	4	4	20-24	10	16-18	13-16	3	12-13	18-19	3	19-21	5	4	84
85	39-59	69-71	62-71	50-52	63-80	83-92	85-86	61-68	63-78	63-69	88-93	71-73	73-75	85-87	89	89-90	85
86	85-111	69-71	47-61	41-44	43-56	83-92	60	50-53	79-92	52-62	61-63	48-52	64-67	49-51	64	47	86
87	39-59	56	76-86	78	63-80	83-92	71	27-31	94-106	52-62	81-84	74-77	88-89	62-69	71	38-39	87
88	7	42-43	47-61	35-36	25-35	72-82	50	27-31	37-45	38-46	68-78	37-38	43	58-61	60-61	85	88
89	85-111	83	98-111	85-86	92-103	93-101	97-99	86-103	79-92	88-100	105-110	83-85	97-99	90-92	98-99	107	89
90	85-111	9	12-32	3	2	8-10	—	9-13	22-29	15-21	30-31	9-10	14	31-36	53	70	90



Nr.	Boden nach Dirks u. Scheffer (Goy)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			12	13	14	15	16	Boden Nr.			
												Niklas	Smith	Baeyens									
												Aspergillus n. Niklas											
															Mikro-Düng- Vers. n. Sekera			Keimpflanzen n. Neubauer			Gefäßversuch n. Mitscherlich		
91	60—84	46—47	47—61	56—60	57—62	83—92	44—45	69—77	107—110	63—69	68—78	37—38	83—84	62—69	50	65	91						
92	8—12	89—91	98—111	94—97	81—91	56—71	92	69—77	79—92	88—100	98—103	86—88	95—96	95—96	86	92	92						
93	116—119	48—50	33—46	15—16	15—17	30—31	19	22—23	54—62	22—25	36—37	45—47	25—26	22—26	31	43	93						
94	26—31	12	33—46	11	18—24	32—37	7	27—31	37—45	26—31	44—45	45—47	27	22—26	49	25	94						
95	39—59	21—22	12—32	23	36—42	72—82	20—21	32—34	54—62	47—51	81—84	62—65	55—56	62—69	79	60	95						
96	60—84	39—40	47—61	46—47	43—56	72—82	42—43	16—18	63—78	52—62	68—78	53—54	48	52—57	66—67	35	96						
97	39—59	43—45	76—86	28—31	43—56	93—101	66—68	78—85	94—106	79—87	88—93	96—99	62—63	77—81	96	83—84	97						
98	60—84	49	12—32	51—53	43—56	56—71	89	41—49	54—62	38—46	56—60	39—44	37—40	31—36	38	75	98						
99	105—111	78—81	91—97	74—75	63—80	56—71	94—95	78—85	17—21	79—87	98—103	91	90—91	82—84	85	105	99						
100	60—84	34—37	72—75	25—26	36—42	72—82	39—40	69—77	8—12	32—37	52—55	32—35	76—78	70—72	77	55—56	100						
101	60—84	60	33—46	42—45	43—56	47—55	37	41—49	17—21	26—31	56—60	26—29	51—52	52—57	28	31	101						
102	39—59	77	72—75	64—65	63—80	56—71	64—65	54—60	47—52	63—69	94—95	39—44	59—61	62—69	56	49	102						
103	60—84	86	33—46	76—78	63—80	83—92	69—70	86—103	37—45	71—78	113—114	48—52	80—82	37—40	81	80—81	103						
104	105—111	100	98—111	102	92—103	83—92	83—84	104—116	47—52	79—87	96	59—60	92—94	77—81	54—55	87	104						
105	60—84	92—93	12—32	69—70	63—80	93—101	63	54—60	116—119	88—100	85—86	78—81	76—78	62—69	88	102	105						
106	22—25	34—37	33—46	48—50	57—62	56—71	34	50—53	63—78	38—46	32—35	48—52	37—40	52—57	22	59	106						
107	13—14	34—37	12—32	56—60	8	20—24	28—29	61—68	46	6—8	30—31	8	7	4	17	18—19	107						
108	60—84	21—22	12—32	21	15—17	56—71	23—24	86—103	63—78	26—31	39—43	26—29	24	31—36	37	82	108						
109	20	25—27	33—46	25—26	36—42	56—71	39—40	104—116	79—92	47—51	56—60	20—21	45—46	12	39	24	109						
110	60—84	82	47—61	80—81	63—80	38—44	80—81	117—121	1	52—62	81—84	18—19	68—70	41—42	30	69	110						
111	120—121	57	12—32	66—68	63—80	16—19	57—59	86—103	112—115	47—51	15	26—29	19	14—16	34	26	111						
112	60—84	31	12—32	38	43—56	14—15	35	20—21	30—35	9—14	8	11	10	14—16	23	11	112						
113	105—111	16	12—32	32—34	36—42	13	23—24	32—34	30—35	15—21	6	2	12	17—18	18—19	8—9	113						
114	39—59	51	12—32	54—55	57—62	16—19	64—65	38	79—92	38—46	9—10	5	16	13	33	13	114						
115	39—59	87—88	76—86	92—93	92—103	32—37	17	61—68	79—92	79—87	22—25	32—35	36	43—48	36	67—68	115						
116	21	1	1—11	2	3	14—15	1	1	63—78	1	3	15—17	6	3	14	1—2	116						
117	105—111	54	62—71	41	43—56	38—44	57—59	41—49	37—45	71—78	68—78	39—44	47	31—36	73—74	95	117						
118	60—84	39—40	47—61	40	43—56	72—82	55	41—49	79—92	63—69	68—78	59—60	57	70—72	75	57	118						
119	13—14	17—19	12—32	48—50	25—35	11—12	20—21	9—13	36	15—21	19	12	20	5—6	6	21—22	119						
120	105—111	13	12—32	14	9—13	25—28	26	35—37	94—106	15—21	36—37	30—31	37—40	19—21	65	86	120						
121	39—59	—	62—71	88—89	—	—	75—76	117—121	63—78	—	—	—	—	—	—	45	121						
145	—	—	47—61	—	—	—	42—43	—	—	—	—	—	—	—	—	103—104	145						



Tabelle XIX

Rangordnungszahlen nach E. A. Mitscherlich für Phosphorsäure.

Boden Nr.	nach Dirks u. Scheffer	CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	CO <sub>2</sub> n. Puri	KCl + CO <sub>2</sub> n. Saidel	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Dreyspring-Heinz	Laktat n. Egnér		Zitronen Säure n. König-Hasenbäumer	Zitronen-Säure n. Lemmermann- Fresenius	Zitronen-Säure n. Arrhenius	Zitron.-resp. Essig- Säure n. Demolon	HCl n. Kirssanoff	HNO <sub>3</sub> n. Bondorff	HNO <sub>3</sub> n.v. Sigmund	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog	Amalgamv. n. Herzner	Kataphorese n. Reifenberg	Elektrodialyse n. Mattson	Aspergillus n. Niklas			Mikro-Düng.-Vers. n. Sekera	Azotobakter n. Stöckli	Azotobakter n. Winogradsky	Cunninghamella n. Truog	Keimpflanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich	Boden Nr.
						Franck	Arrhenius												Niklas	Smith	Baeyens							
1	65—121	51	58	88—98	108—114	96	29—32	100	90—94	86—92	30	64—67	45—46	43—121	73—78	46—48	87—89	92—94	106—109	113—115	106—107	105	35—66	69—114	52—107	97—98	116—118	1
2	9	6	7	8—16	11—13	15—17	4—8	21	8—9	30	4	21	21	43—121	17—18	21—22	—	36—37	18	19	13—18	55	12—34	1—20	1—7	12	9	2
3	17	8	10	113—117	15	21	14—15	38—39	24—27	56—57	7	31—33	32	43—121	21—22	27—29	57—61	56—58	37—40	38—42	60—63	25—27	12—34	24—66	12—29	26—27	13	3
4	42—57	19	22	39—59	29	43	29—32	61	15—18	72—76	15	45—48	37	43—121	38—39	33—35	42—44	45—47	55—57	72—74	77—82	34—40	12—34	69—114	52—107	112—113	46	4
5	1—8	2	2	17—24	2	2	2	3	2	1—2	3	3	2	2—42	2	2	81—85	4—5	1	1	1	8—10	4—11	69—114	52—107	3	10	5
6	13—14	3	3	8—16	3	4	4—8	11	15—18	11—12	6	13—17	15	2—42	6	14—15	—	22—25	7	6	6	18	4—11	1—20	30—51	14—15	3	6
7	1—8	12	5	8—16	10	9	4—8	15	12	20—21	27	7	4	2—42	5	13	—	14—15	16	15	13—18	34—40	12—34	69—114	8—11	16—17	21	7
8	65—121	37	24	39—59	67—72	28	16—17	28	30—33	35—36	84	18—20	6	43—121	9	11—12	101	20	35	38—42	25—26	99	35—66	69—114	52—107	116—117	97—98	8
9	13—14	5	8	8—16	5	5	4—8	8	6—7	15	9	12	14	2—42	4	19—20	69—73	19	6	8—9	20—21	6—7	12—34	—	12—29	78—79	8	9
10	65—121	57	56—57	72—87	102—107	101—104	88—97	105	74—78	94—96	36	82—87	58—60	43—121	84—86	61—67	57—61	87—91	98—101	113—115	94—97	96—98	67—99	69—114	52—107	78—79	101—107	10
11	42—57	11	12	8—16	20—22	13	14—15	20	15—18	9	53	13—17	10—11	2—42	7	17	98	22—25	26—27	51—54	64—70	67—72	35—66	69—114	12—29	69—70	41	11
12	35—41	29	33	8—16	62—66	39—40	18—20	31	34—40	46	50—51	55—58	66—68	43—121	41—42	52—54	33—35	56—58	37—40	43—45	60—63	49—56	12—34	24—60	52—107	20—21	29	12
13	35—41	58—59	56—57	25—34	47—51	75—77	61—71	72	53—54	83—85	33	59	61—62	2—42	62—63	52—54	30—32	48—49	55—57	75—81	41—46	30—33	67—99	69—114	52—107	74—77	62	13
14	35—41	48	80—81	39—59	62—66	73	48—59	77	34—40	77—79	26	52—54	39	43—121	84—86	27—29	64—65	39—43	75—78	91—97	51—54	41—47	67—99	69—114	52—107	72—73	76	14
15	58—64	38	26	60—71	41—46	29	25—28	49	74—78	61—62	76	35—37	27—28	43—121	23	24—26	—	38	61—68	82—84	64—70	73—78	69—99	24—66	30—51	46—50	48	15
16	1—8	13	11	8—16	6	15—17	12	23	34—40	52	18	22—24	29	2—42	17—18	21—22	51—54	21	21—23	25	11—12	16	67—99	69—114	52—107	46—50	7	16
17	25—30	41—42	52—53	39—59	25—27	23—25	16—17	5	3—4	4	20	2	9	2—42	19—20	5	45—48	2	8	7	3	15	12—34	24—66	1—7	11	26	17
18	65—121	110	94—97	99—112	41—46	85	61—71	34	34—40	24—29	119	22—24	49—51	43—121	104	46—48	42—44	22—25	47—49	46—50	22—24	106—108	100—121	69—114	12—29	101—102	55	18
19	65—121	114—120	104—107	113—117	32—33	114	72—87	84	90—94	86—92	98	104—105	110	43—121	115	112—115	107—112	106—108	98—101	85—90	51—54	11	100—121	24—66	52—107	87—89	87	19
20	58—64	96—97	73	99—112	52—59	108	72—87	24—25	24—27	11—12	29	5—6	3	2—42	12	4	—	3	51—52	35—37	13—18	90—95	67—99	69—114	52—107	80—83	99—100	20
21	65—121	39	90—91	72—87	41—46	48—49	33—38	18	13—14	53—55	25	13—17	12	43—121	35—37	11—12	—	6	42—45	24	13—18	79—81	67—99	69—114	52—107	116—117	113	21
22	65—121	93	98—100	88—98	85—88	105	48—59	80	95—99	86—92	89	60—63	63	43—121	64—65	55—60	57—61	50—52	90—94	66—71	71—73	117	67—99	69—114	30—51	118—119	114—115	22
23	65—121	62—64	68—69	39—59	52—59	89—93	61—71	98	103—105	100—101	86	88—95	74—79	43—121	73—78	68—76	87—89	59—63	86—87	98—102	64—70	84—89	67—99	69—114	30—51	87—89	45	23
24	18—20	50	46—47	39—59	25—27	59—63	61—71	103	100—102	115	5	88—95	81—86	2—42	88—90	68—76	33—35	82—86	90—94	111—112	115	61—66	1—3	—	52—107	18—19	22	24
25	21—23	9	4	25—34	11—13	3	3	6—7	5	17	23	9	5	2—42	3	3	40—41	7	9	11	11—12	19	4—11	—	52—107	8	11	25
26	65—121	82	88—89	72—87	67—72	101—104	72—87	81—82	67—73	86—92	61	68—76	97—98	43—121	51—55	88—97	92—96	87—91	97	98—102	94—97	73—78	100—121	69—114	52—107	46—50	96	26
27	1—8	1	1	60—71	1	1	1	1	1	1—2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1—3	1—20	1—7	2	1	27
28	58—64	62—64	37—39	60—71	89—93	101—104	88—97	113	109—110	110—112	50—51	104—105	102—103	43—121	88—90	98—101	92—96	50—52	115	103—106	101—104	82—83	35—66	69—114	52—107	58—59	91—94	28
29	42—57	44	23	8—16	18	46	88—97	55	79	83—85	42—43	111—116	42—44	43—121	59—61	55—60	81—85	33—35	19	55—61	41—46	106—108	12—34	69—114	52—107	43	32—33	29
30	65—121	108	111—112	17—24	122	117	117—119	119	103—105	118	94—95	111—116	119—121	43—121	108—110	116—119	55—56	118—119	116	113—115	112—114	109—110	67—99	69—114	30—51	114—115	109—110	30
31	65—121	98—100	104—107	60—71	102—107	112	113	117	114	116—117	56	108—110	116—118	43—121	113—114	112—115	10—11	110—114	106—109	116	112—114	57—60	35—66	69—114	52—107	112—113	112	31
32	65—121	81	77	72—87	76—84	95	88—97	111	118—119	113	70	106—107	111—115	43—121	66—67	98—101	24	110—114	102—105	103—106	101—104	41—47	35—66	1—20	12—29	22—23	28	32
33	65—121	94	46—47	25—34	73—75	67—69	109—112	101	103—105	104—105	81	117—120	38	43—121	88—90	68—76	75—78	26	41	91—97	87—89	116	35—66	24—66	52—107	63—68	36—37	33
34	1—8	14	20	25—34																								



Boden Nr.	1 nach Dirks u. Scheffer	2 CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	3 CO <sub>2</sub> n. Puri	4 KCl + CO <sub>2</sub> n. Sattel	5 Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Dreyspring-Heinz	6 Laktat n. Egnér		8 Zitronen-Säure n. König-Husenbäumer	9 Zitronen-Säure n. Lemmermann- Fresenius	10 Zitronen-Säure n. Arrhenius	11 Zitron - resp. Essig- Säure n. Demolon	12 HCl n. Kirssanoff	13 HNO <sub>3</sub> n. Bondorff	14 HNO <sub>3</sub> n.v. Sigmund	15 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog	16 Amalgamv. n. Herzner	17 Kataphorese n. Reitenberg	18 Elektrodialyse n. Mattson	19 Aspergillus n. Niklas			22 Mikro-Düng.-Vers. n. Sekera	23 Azotobakter n. Stückli	24 Azotobakter n. Winogradsky	Cunninghamella n. Truog	Keimplanzen n. Neubauer	Gefäßversuch n. Mitscherlich	Boden Nr.
						Franck	Arrhenius												Niklas	Smith	Baeyens							
44	65-121	40	40	60-71	39-40	70	41-47	73-74	83-89	97	93	45-48	22	43-121	33-34	33-35	97	30-32	61-68	55-61	98-100	82-83	35-66	24-66	108-121	63-68	70-71	44
45	31-34	16	27-28	17-24	16	37	25-28	54	74-78	80-82	35	30	17-18	43-121	38-39	30-32	79-80	30-32	51-52	62-65	74-76	84-89	12-34	69-114	108-121	38-39	60-61	45
46	65-121	109	115	113-117	60-61	75-77	48-59	6-7	10	3	100	82-87	97-98	43-121	79-81	112-116	74	59-63	22-23	12	20-21	5	100-121	69-114	12-29	95-96	38-40	46
47	65-121	98-100	92	72-87	67-72	109-110	72-87	110	111-113	108-109	105	108-110	111-115	43-121	112	106-111	99-100	106-108	106-109	91-97	108-110	49-56	67-99	24-66	52-107	90-94	88	47
48	42-57	28	59	35-38	41-46	53	21-24	71	74-78	35-36	32	18-20	10-11	2-42	41-42	9-10	30-32	11	61-68	62-65	34-39	73-78	12-34	24-66	108-121	26-27	27	48
49	65-121	88-91	64-65	60-71	118	40	109-112	56	95-99	98-99	118	88-95	8	43-121	98-99	6	81-85	17	74	72-74	47-50	115	35-66	24-66	30-51	—	120	49
50	58-64	88-91	78-79	72-87	52-59	48-49	72-87	27	28-29	61-62	69	31-34	66-68	2-42	57-58	82-87	15-17	69-75	12	13-14	7-9	28-29	100-121	24-66	108-121	63-68	31	50
51	18-20	62-64	—	—	20-22	50-51	61-71	43-45	55-60	80-82	—	38-42	—	2-42	79-81	61-67	—	59-63	24	20-21	13-18	25-27	—	24-66	108-121	53-55	15	51
52	65-121	88-91	—	99-112	89-93	106	72-87	88-89	95-99	98-99	90	111-116	104-105	43-121	93-97	102-105	107-112	87-91	80-84	27-28	90-93	104	100-121	69-114	108-121	90-94	108	52
53	35-41	75	—	39-59	25-27	23-25	41-47	12	11	6-8	59	8	30-31	2-42	35-37	36-42	3	39-43	4	4-5	10	6-7	12-34	24-66	30-51	22-23	23	53
54	65-121	114-120	108-110	118-121	120	116	114-116	112	106-108	116-117	82	101-103	111-115	43-121	119	112-116	106	110-114	110-113	119	116	90-95	100-121	69-114	52-107	109-111	119	54
55	65-121	74	60-62	72-87	52-59	80-81	98-104	108	111-113	106-107	71-73	82-87	74-79	43-121	73-78	55-60	12	82-86	98-101	107-109	101-104	111-112	35-66	24-66	52-107	51-52	51-53	55
56	65-121	107	111-112	113-117	28-31	114-115	105-108	73-74	69-73	47-51	99	111-116	111-115	43-121	111	120-121	107-112	109	90-94	85-90	94-97	8-10	100-121	69-114	52-107	74-77	54	56
57	65-121	114-120	94-97	99-112	85-88	109-110	98-104	106	106-108	108-109	96-97	106-107	108	43-121	108-110	106-111	92-96	106-108	88-89	110	106-107	79-81	35-66	24-66	52-107	53-55	77-80	57
58	65-121	95	—	88-98	62-66	88	98-104	83	83-89	94-96	48	77-81	87-88	2-42	105	82-87	62-63	69-75	55-57	85-90	77-82	67-72	35-66	24-66	52-107	63-68	65-67	58
59	15-16	26-27	82-84	17-24	52-59	55	88-97	81-82	90-94	110-112	47	82-87	71-72	2-42	93-97	68-76	79-80	64-67	80-84	82-84	90-93	23-24	35-66	24-66	12-29	33	35	59
60	35-41	70	54-55	39-59	23-24	45	61-71	57	61-66	69-71	45	49-51	58-60	43-121	71-72	55-60	87-89	53	46	55-61	40	34-40	35-66	1-20	52-107	16-17	19	60
61	35-41	45-46	52-53	39-59	28-31	59-63	72-87	67-70	68-73	72-76	46	60-63	73	2-42	68-70	68-76	38-39	69-75	47-49	75-81	77-82	25-27	35-66	—	108-121	56-57	43-44	61
62	65-121	111	104-107	118-121	108-114	119	114-116	118	109-110	106-107	120	117-120	116-118	43-121	117-118	120-121	107-112	116-117	119	111-112	117	119-120	100-121	69-114	108-121	109-111	121	62
63	65-121	114-120	108-110	99-112	52-59	118	117-119	115	115-117	114	117	117-120	111-115	43-121	116	116-119	86	116-117	114	103-106	108-110	90-95	100-121	69-114	108-121	99-100	114-115	63
64	25-30	83	85-86	39-59	47-51	41	61-71	43-45	34-40	65-68	42-43	45-48	57	2-42	82-83	61-67	7-9	48-49	26-27	39-42	41-46	34-40	67-99	24-66	52-107	34-36	34	64
65	65-121	106	104-107	99-112	102-107	107	109-112	104	115-117	104-105	115	108-110	109	43-121	106-107	106-111	102-103	110-114	110-113	75-81	55-59	113-114	100-121	69-114	52-107	51-52	58-59	65
66	65-121	92	78	99-112	52-59	58	61-71	16	21-23	24-29	116	77-81	64-65	43-121	51-55	68-76	107-112	64-67	32-34	16	25-26	3	100-121	—	52-107	69-71	36-37	66
67	24	68-69	25	39-59	41-46	35	48-59	30	24-27	18-19	44	27-29	45-46	2-42	47-49	24-26	102-103	56-58	14	22-23	41-46	23-24	4-11	1-20	52-107	34-36	25	67
68	21-23	60	29	35-38	39-40	10	21-24	9	8-9	22-23	106-107	10	13	2-42	10	9-10	45-48	30-32	10	13-14	22-24	20-22	67-99	1-20	30-51	14-15	101-107	68
69	65-121	114-120	113-114	99-112	94-101	71	105-108	60	55-60	69-71	112	77-81	64-65	2-42	93-97	88-97	64-65	97-103	53-54	72-74	64-70	103	100-121	1-20	52-107	80-83	70-71	69
70	65-121	112	102-103	88-98	108-114	47	61-71	29	34-40	72-76	108	31-34	61-62	2-42	59-61	77-81	113-114	82-86	32-34	51-54	34-39	30-33	100-121	24-66	52-107	63-68	63-64	70
71	18-20	20	34-35	39-59	23-24	30	48-59	42	41-45	56-57	13	38-42	47-48	2-42	43-44	33-35	21	59-63	29	39-42	51-54	34-40	4-11	1-20	52-107	20-21	20	71
72	25-30	47	45	60-71	52-59	54	72-87	58	61-66	65-68	14	52-54	49-51	2-42	56	36-42	49-50	76-81	42-45	55-61	41-46	61-66	12-34	1-20	12-29	72-73	30	72
73	31-34	66	71-72	72-87	85-88	59-63	88-97	67-70	68-73	65-68	39	55-58	69-70	2-42	73-78	55-60	28-29	76-81	50	62-65	55-59	61-66	35-66	21-23	52-107	58-59	49-50	73
74	25-30	78-80	82-84	88-98	89-93	89-93	105-108	90-91	115-117	94-96	40-41	77-81	81-8															



Boden Nr.	1 nach Dirks u. Scheffer	2 CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich	3 CO <sub>2</sub> n. Puri	4 KCl + CO <sub>2</sub> n. Saidel	5 Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Dreyspring-Heinz	6 Laktat n. Egnér Franck	7 Arrhenius	8 Zitronen-Säure n. König-Hasenbäumer	9 Zitronen-Säure n. Lemmermann- Presentius	10 Zitronen-Säure n. Arrhenius	11 Zitronen - resp. Essig- Säure n. Demolon	12 HCl n. Kirsanoff	13 HNO <sub>3</sub> n. Bondorff	14 HNO <sub>3</sub> n. v. Signmond	15 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog	16 Amalgamv. n. Herzner	17 Kalaphorese n. Reifenberg	18 Elektrolyse n. Mattson	19 Aspergillus n. Niklas Niklas	20 Smith	21 Baeyens	22 Mikro-Düng.-Vers. n. Sekera	23 Azotobakter n. Stöckli	24 Azotobakter n. Winogradsky	25 Cunninghamella n. Truog	26 Keimpflanzen n. Neubauer	27 Gefäßversuch n. Mitscherlich	Boden Nr.
91	65-121	30	74	25-34	76-84	78-79	72-87	97	67-73	53-55	52	64-67	74-79	2-42	68-70	68-76	13	59-63	80-84	75-81	77-82	34-40	67-99	1-20	30-51	40-41	56-57	91
92	65-121	54	70	60-71	76-84	66	48-59	62-63	53-54	58-60	54	43-44	52-53	43-121	51-55	49-51	99-100	33-35	80-84	75-81	87-89	73-78	67-99	1-20	52-107	84	68	92
93	11	15	19	25-34	19	19	21-24	22	19-20	6-8	10	13-17	19	2-42	30	19-20	6	14-15	20	10	13-18	13	12-34	24-66	12-29	6	14	93
94	65-121	86-87	93	99-112	94-101	82-83	72-87	98-99	61-66	64	103	64-67	74-79	2-42	79-81	82-87	40-41	64-67	69-72	66-71	83-86	28-29	100-121	1-20	52-107	46-50	77-80	94
95	42-57	76	49-51	72-87	89-93	64-65	49-59	62-63	41-48	31	80	35-37	58-60	2-42	62-63	61-67	15-17	39-43	37-40	33	34-39	48	67-99	1-20	30-51	40-41	65-67	95
96	65-121	78-80	75	88-98	108-114	89-93	105-108	102	80-82	72-76	102	88-95	94-95	43-121	98-99	88-97	81-85	76-81	90-94	91-97	77-82	67-72	35-66	24-66	30-51	90-94	77-80	96
97	65-121	85	102-103	88-98	94-101	74	72-87	76	55-60	86-92	101	68-76	93	2-42	84-86	88-97	26-27	76-81	61-68	85-90	55-59	57-60	35-66	24-66	52-107	69-71	91-94	97
98	42-57	31-33	36	17-24	62-66	36	41-47	52-53	51-52	20-21	65	68-76	81-86	43-121	47-49	82-87	69-73	82-86	75-78	55-61	71-73	57-60	35-66	67-68	30-51	37	51-53	98
99	42-57	49	42-43	17-24	76-84	44	33-38	40	28-29	6-8	71-73	45-48	55	2-42	35-37	36-42	5	27-29	31	17-18	34-39	20-22	4-11	1-20	8-11	28-29	43-44	99
100	65-121	96-97	94-97	99-112	76-84	89-93	98-104	78	61-66	77-79	114	88-95	101	43-121	101-103	106-111	69-73	82-86	86-87	82-84	98-100	67-72	100-121	69-114	12-29	80-83	101-107	100
101	35-41	45-46	44	39-59	76-84	78-79	48-59	85	83-89	53-55	37-38	96-98	87-88	43-121	73-78	82-87	45-48	69-75	90-94	85-90	83-86	41-47	67-99	24-66	52-107	62	69	101
102	25-30	21	63	35-38	34-38	26	25-28	26	30-33	13	—	25-29	24-25	43-121	15-16	16	7-9	27-29	28	29	31-33	49-56	12-34	1-20	12-29	34-36	18	102
103	65-121	104	98-100	99-112	115-117	97-100	61-71	95	83-89	58-60	113	82-87	106-107	43-121	93-97	102-105	57-61	97-103	106-109	98-102	101-104	41-47	67-99	69-114	108-121	105-108	91-94	103
104	42-57	36	42-43	39-59	41-46	50-51	41-47	50	30-33	24-29	40-41	25-29	34	43-121	27-28	30-32	—	45-47	96	66-71	64-70	73-78	35-66	24-66	108-121	28-29	73-75	104
105	65-121	78-80	78-79	25-34	73-75	56-57	48-59	36	24-27	37-45	21	60-63	80	43-121	50	88-97	66-68	50-52	69-72	46-50	29-30	61-66	67-99	69-114	30-51	85-86	73-75	105
106	42-57	65	66-67	25-34	102-107	97-100	98-104	109	106-108	93	66	99-100	94-95	43-121	106-107	88-97	55-56	95-96	110-113	107-109	112-114	96-98	67-99	69-114	12-29	59-61	89-90	106
107	65-121	52	60-62	39-59	94-101	94	61-71	86	80-82	37-45	104	88-95	81-86	43-121	51-55	88-97	75-78	92-94	102-104	75-81	71-73	90-95	67-99	69-114	52-107	101-102	95	107
108	65-121	72	90-91	72-87	94-101	89-93	72-87	67-70	83-89	80-83	63-64	88-95	91	2-42	101-103	88-97	66-68	76-81	79	66-71	31-33	67-72	67-99	69-114	52-107	46-50	109-110	108
109	65-121	102-103	94-97	72-87	102-107	101-104	98-104	92-93	95-99	102	85	96-98	96	43-121	87	102-105	62-63	97-103	98-101	91-97	51-54	109-110	100-121	24-66	52-107	97-98	101-107	109
110	65-121	86-87	41	72-87	115-117	86-87	48-59	94	100-102	58-60	94-95	101-103	106-107	43-121	93-97	106-111	15-17	104-105	110-113	98-102	108-110	90-95	67-99	69-114	108-121	95-96	101-107	110
111	42-57	61	30-32	17-24	62-66	42	33-38	90-91	100-102	46-51	91	55-58	36	43-121	47-49	49-51	92-96	39-43	69-72	51-54	77-82	100-101	35-66	24-66	12-29	44-45	72	111
112	25-30	24	16	1-7	34-38	20	18-20	64-66	80-82	46-51	68	43-44	26	43-121	24-26	36-42	69-73	22-25	61-68	46-50	87-89	96-98	35-66	24-66	30-51	32	38-40	112
113	31-34	41-42	21	1-7	34-38	31-32	41-47	99	90-94	77-79	62	38-42	35	43-121	33-34	43-45	90-91	33-35	69-72	51-54	83-86	102	35-66	69-114	52-107	31	63-64	113
114	65-121	71	—	1-7	47-51	33-34	18-20	64-66	67-73	37-45	71-73	35-37	24-25	43-121	32	30-32	75-78	39-43	36	35-37	31-33	113-114	35-66	69-114	52-107	44-45	81-83	114
115	65-121	68-69	13	1-7	76-84	52	33-38	43-45	55-60	24-29	79	55-58	33	43-121	21-22	36-42	42-44	16	30	31-32	60-63	111-112	67-99	24-66	52-107	99-100	101-107	115
116	10	31-33	15	39-59	20-22	11	21-24	19	19-20	46-51	2	18-20	16	2-42	13	24-26	18-19	18	11	30	34-39	20-22	35-66	24-66	30-51	7	16	116
117	65-121	105	82-84	88-98	115-117	86-87	41-47	67-70	83-89	34	109	99-100	102-103	43-121	64-65	98-101	33-35	87-91	95	75-81	55-59	49-56	35-66	69-114	30-51	90-94	84-86	117
118	42-57	84	85-86	60-71	94-101	80-81	33-38	64-66	55-60	10	28	68-76	81-86	43-121	73-78	77-81	23	64-67	59-60	43-45	64-70	41-47	67-99	69-114	8-11	59-61	56-57	118
119	65-121	26-27	37-39	60-71	67-72	31-32	29-32	52-53	47-49	24-29	87	68-76	54	43-121	27-28	77-81	38-39	87-91	80-84	62-65	55-59	100-101	12-34	24-66	52-107	53-55	51-53	119
120	15-16	31-33	49-51	25-34	32-33	33-34	39-40	32	41-45	24-29	31	52-54	49-51	2-42	45	43-45	36-37	36-37	32-34	31-32	28	61-66	12-34	—	30-51	56-57	38-40	120
121	42-57	—	—	99-112	119	111	—	114	—	—	96-97	—	104-105	43-121	108-110	102-105	105	—	—	—	—	—	67-99	—	52-107	—	116-118	121
145	—	—	—	99-112	76-84	—	—	—	—	—	24	—	89	—	—	—	113-114	—	—	—	—	—	100-121	—	—	—	42	145

# Tabelle XX

Übereinstimmung der Methoden mit der *Mitscherlich*-Gefäßmethode  
(mg / 100 g) nach „Grenzböden“.

Kali-Methoden.

Grenzwert nach *Mitscherlich*: 16,0 mg K<sub>2</sub>O in 100 g Boden.

Methode usw.	übereinstimmend					Zahl d. unter- sucht. Böden	„Grenzböden“	
	arm		reich		arm u. reich %		Nr.	
	Zahl	%	Zahl	%			min.	max.
nach Dirks-Scheffer, mg/100 g	1	0,8	6	5,0	5,8	121	111	88
CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich, mg/100 g	7	5,8	3	2,5	8,3	120	1	58
NH <sub>4</sub> Cl n. Saidel, Düngerbedarf	8	6,6	9	7,4	14,0	121	36	56
NH <sub>4</sub> Cl n. Vageler-Alten, kg/ha	2	1,7	6	5,0	6,7	121	33	4
NaCl n. Krauss, mg/100 g	8	6,7	12	10,0	16,7	120	33	120
NH <sub>4</sub> - az. n. Volk-Truog, mg/100 g	10	8,3	23	19,2	27,5	120	40	66
NaCl n. Bondorff, mval/2,5 kg	6	5,0	5	4,2	9,2	120	33	56
Amalgam n. Herzner, mg/100 g	0	0	18	14,9	14,9	121	121	67
HNO <sub>3</sub> n. v. Sigmond-Becker, mg/100 g	1	0,8	15	12,4	13,2	121	22	57
HCl n. Kirssanoff, mg/100 g	0	0	20	16,7	16,7	120	8	120
Aspergillus n. Niklas, Myzel- gewicht g	4	3,3	34	28,3	31,6	120	40	57
Aspergillus n. Niklas, Myzel- gewicht g (Smith)	3	2,5	28	23,3	25,8	120	40	108
Aspergillus n. Niklas, Myzel- gewicht g (Baeyens)	0	0	21	17,5	17,5	120	40	50
Mikro-Düng.-Vers. n. Sekera, rel. %	3	2,5	13	10,8	13,3	120	33	66
Keimpflanzen n. Neubauer, mg/100 g	5	4,2	36	30,3	34,5	119	40	108
Mitscherlich, Gefäßvers., mg/100 g	41	—	81	—	—	122	—	—



Tabelle XXI

Übereinstimmung der Methoden mit der *Mitscherlich*-Gefäßmethode  
(mg/100 g) nach „Grenzböden“.

Phosphorsäure-Methoden.

Grenzwert nach *Mitscherlich*: 10,5 mg  $P_2O_5$  in 100 g Boden.

Methode usw.	übereinstimmend					Zahl d. unter- sucht. Böden	„Grenzböden“	
	arm		reich		arm u. reich %		Nr.	
	Zahl	%	Zahl	%			min.	max.
nach Dirks-Scheffer, Testzahl	85	70,2	14	11,7	81,8	121	60	59
CO <sub>2</sub> n. Mitscherlich, mg/100 g	45	37,5	10	8,3	45,8	120	53	11
CO <sub>2</sub> n. Puri, mg/Liter	52	45,2	11	9,6	54,8	115	102	11
n/20 KCl + CO <sub>2</sub> n. Saidel, 1×10 <sup>-5</sup> /Liter	8	6,6	2	1,7	8,3	121	3	37
Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> n. Drey- spring-Heinz, Vorrat, kg/ha	88	72,1	15	12,3	84,4	122	102	45
Laktat n. Egnér, mg/100 g (Franck)	62	51,2	8	6,6	57,8	121	107	68
Laktat n. Egnér, mg/100 g (Arrhenius)	57	47,5	14	11,7	59,2	120	60	11
Zitr.-Säure n. König-Hasen- bäumer, mg/100 g	18	14,9	4	3,3	18,2	121	24	17
Zitr.-Säure n. Lemmermann- Fresenius, mg/100 g	18	15,0	2	1,7	16,7	120	29	17
Zitr.-Säure n. Arrhenius, mg/100 g	5	4,2	2	1,7	5,9	120	24	46
Essig-, resp. Zitr.-Säure n. Demolon, mg/Liter	61	50,8	11	9,2	60,0	120	53	82
HCl n. Kirssanoff, mg/100 g	26	21,7	1	0,8	22,5	120	24	17
HNO <sub>3</sub> n. Bondorff, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Zahl	40	33,1	2	1,7	34,8	121	24	20
HNO <sub>3</sub> n. v. 'Sigmond, mg/100 g	72	59,5	16	13,2	72,7	121	24	20
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> n. Truog, mg/100 g	33	27,8	6	5,0	32,8	121	24	11
Amalgam n. Herzner, mg/100 g	53	43,8	3	2,5	46,3	121	24	20
Kataphorese n. Reifenberg, mg/100 g	25	21,9	4	3,5	25,4	114	60	99
Elektrodialyse n. Mattson, mg/100 g	38	31,7	1	0,8	32,5	120	24	17
Aspergillus n. Niklas, Myzel- gewicht g	30	25,0	7	5,8	30,8	120	24	17
Aspergillus n. Niklas, Myzel- gewicht g (Smith)	9	7,5	6	5,0	12,5	120	24	17
Aspergillus n. Niklas, Myzel- gewicht g (Baeyens)	5	4,2	2	1,7	5,9	120	24	17
Mikro-Düng.-Versuch n. Se- kera, rel. %	59	49,2	2	1,7	50,9	120	24	66
Azotobakter n. Stöckli	52	43,0	9	7,4	50,4	121	34	67
Azotobakter n. Winogradski	2	1,7	9	7,6	9,2	119	25	32
Cunninghamella n. Truog	13	10,7	6	5,0	15,7	121	51	17
Keimpflanzen n. Neubauer, mg/100 g	41	34,5	8	6,7	41,2	119	9	84
Gefäßversuch n. Mitscherlich, mg/100 g	99	—	23	—	—	122	—	—

*bauer*-Methode als die beste nur eine Übereinstimmung von 34.5 % aller Böden auf, die *Aspergillus*-Methode nach *Niklas* eine solche von 31.6 %, die von *Smith* eine solche von 25.8 % und die *Truog*-Methode eine solche endlich von 27.5 % nach den Untersuchungen von *Arrhenius*. Mir scheint, daß wir hiermit noch keineswegs zufrieden sein können, sondern noch ganz wesentlich weiterarbeiten müssen!

Es sei gestattet, hier noch einige Erläuterungen zur vorstehenden Berechnungsmethode zu geben. Ihre Grundlage ist auch, wie man sieht, eine Art Rangordnungsmethode, ähnlich der Korrelationsmethode; nur daß wir bei unseren Berechnungen nicht wie *Åstrand* die Beobachtungen in Gruppen einteilen, sondern der Höhe jeder einzelnen Beobachtung nach Möglichkeit gerecht wurden. Wenn wir die Ergebnisse einseitig auf den Zusammenhang, der zwischen den Ergebnissen der anderen Methoden und denen des Gefäßversuches zu bestehen scheint, verarbeiten, so folgte ich dabei nur dem Gedankengange, der mich einst in Kopenhagen dazu führte, diese ganze internationale Gemeinschaftsarbeit anzuregen und damit ins Leben zu rufen; denn die Absicht bestand damals, gerade diese Beziehungen zu erforschen!

Das hindert aber nicht daran, daß man die hier ausgeführten Berechnungen auch zur Bestimmung der Korrelation der Ergebnisse aller anderen Methoden unter einander verwerten kann. Hierzu würden alsdann die Tabellen XVIII und XIX die Grundlage bieten.

An diesen selben Tabellen kann man aber fernerhin noch verfolgen, wie sich der einzelne Boden zu den verschiedenen Untersuchungsmethoden einstellt, indem man feststellt, ob die hinter der Bodennummer in der waagerechten Reihe stehenden Zahlen immer angenähert die gleiche Höhe besitzen, oder hier oder da bei der einen oder bei der anderen Methode größere Abweichungen aufweisen. Diese Gesamtübersicht bietet keine andere Verarbeitungsmethode, und gerade sie halte ich für die Weiterverarbeitung unseres Materials von grundlegender Bedeutung, da man erst dann zur Erforschung der hier auftretenden abweichenden Erscheinungen die umfangreichen Untersuchungen, die mit den „zusätzlichen Methoden“ ausgeführt wurden, mit Erfolg auszunutzen vermag!



Tabelle XXII  
Verarbeitung der Versuchsergebnisse  
zum Methodenvergleich  
von H. Niklas-München.

I. Prüfung der Böden auf Kalidüngebedürftigkeit.  
(Bewertungstabelle für Kali.)

Methodenvergleich, wobei als Vergleichsmethode zu Grunde gelegt wurde:								Gesamt- wertung nach Mitscherlich und Neubauer zugleich	
Gefäßversuch von Mitscherlich				Keimpflanzenmethode von Neubauer				Punkt- zahl	Rang
Methode	Gesamt- Punkt- zahl	Mittel aus 6 Bewer- tungs- arten	Gesamt- Bewer- tung (Rang)	Methode	Gesamt- Punkt- zahl	Mittel aus 6 Bewer- tungs- arten	Gesamt- Bewer- tung (Rang)		
Neubauer	11	1,8	2	Mitscherlich	19	3,1	1	—	—
1. Niklas	10	1,7	1	Niklas	19	3,1	1	2	1
2. Smith	21	3,5	3	Smith	20	3,4	3	6	2
3. Kirssanoff	26	4,4	4	Kirssanoff	22	3,7	4	8	3
4. Arrhenius- Truog	32	5,4	5	Arrhenius- Truog	22	3,7	4	9	4
5. Baeyens	36	6,0	6	Baeyens	34	5,7	6	12	5
6. Arrhenius- Krauss	47	7,9	7	Arrhenius- Krauss	39	7,8	8	15	6
7. Sekera	51	8,5	9	Sekera	38	6,4	7	16	7
8. Mitscher- lich CO <sub>2</sub>	49	8,1	8	Mitscher- lich CO <sub>2</sub>	48	8,0	9	17	8
9. Herzner	57	9,5	11	Herzner	52	8,7	10	21	9
10. Alten	59	9,9	12	Alten	69	11,5	11	23	10
11. Dirks	56	9,4	10	Dirks	73	12,2	13	23	10
12. Sigmund	76	12,7	13	Sigmund	69	11,5	11	24	12

Tabelle XXIII  
II. Prüfung der Böden  
auf Phosphorsäuredüngedürftigkeit.  
(Bewertungstabelle für Phosphorsäure.)

Methodenvergleich, wobei als Vergleichsmethode zu Grunde gelegt wurde:								Gesamt- wertung nach Mitscherlich und Neubauer zugleich	
Gefäßversuch von Mitscherlich				Keimpflanzenmethode von Neubauer				Punkt- zahl	Rang
Methode	Ge- samt- Punkt- zahl	Mittel aus 6 Bewer- tungs- arten	Ge- samt- Bewer- tung (Rang)	Methode	Ge- samt- Punkt- zahl	Mittel aus 6 Bewer- tungs- arten	Ge- samt- Bewer- tung (Rang)		
Neubauer	27	4,5	5	Mitscherlich	8	1,3	1	—	—
1. Franck- Laktat	18	3,0	2	Franck- Laktat	23	3,8	2	4	1
2. Niklas	20	3,3	3	Niklas	32	5,3	5	8	2
3. (Dirks	25	4,2	4)*	(Dirks	31	5,2	4)*	(8	2)
4. Dreyspring	12	2,0	1	Dreyspring	45	7,5	9	10	4
5. Balks	50	8,3	7	Balks	28	4,7	3	10	4
6. Smith	46	7,7	6	Smith	43	7,2	8	14	6
7. Kirssanoff Zitr.-Sre.	56	9,3	9	Kirssanoff Zitr.-Sre.	36	6,0	7	16	7
8. Kirssanoff HCl	67	11,2	14	Kirssanoff HCl	35	5,8	6	20	8
9. Baeyens	50	8,3	7	Baeyens	75	12,5	14	21	9
10. Sekera	61	10,2	10	Sekera	59	9,8	11	21	9
11. Arrhenius- Laktat	65	10,8	13	Arrhenius- Laktat	56	9,3	10	23	11
12. Demolon	64	10,7	12	Demolon	82	13,7	15	27	12
13. Arrhenius Zitron.-Sre.	90	15,0	17	Arrhenius Zitron.-Sre.	62	10,3	12	29	13
14. Herzner	87	14,5	16	Herzner	69	11,5	13	29	13
15. Mitscher- lich CO <sub>2</sub>	62	10,3	11	Mitscher- lich CO <sub>2</sub>	95	15,8	18	29	13
16. Puri	74	12,3	15	Puri	89	14,8	17	32	16
17. 'Sigmond	90	15,0	17	'Sigmond	82	13,7	15	32	16

\* Da bei der Methode Dirks die Zahlenangaben größtenteils nicht präzise sind (z. B. >1 oder >2 usw.), so ist deren mathematische und graphische Auswertung problematisch und damit auch die oben angegebene Rangordnung.



### III. Kurze Erläuterungen zu den Bewertungstabellen für den Methodenvergleich.

Von Niklas, Toursel und Schenkel.

1. Bei der Aufstellung dieser Tabellen dienten ausschließlich die von Prof. *Mitscherlich* im Jahre 1936 bekanntgegebenen Ergebnisse aus der vergleichenden Prüfung möglichst vieler Bodenuntersuchungsmethoden.

2. Diese von *Mitscherlich* gesammelten Zahlenergebnisse wurden von uns nach sechs Bewertungsarten geprüft. Ermittelt wurden dabei die Korrelations-Koeffizienten, die Fehlerzahl jeder Methode mittels der von *Mitscherlich* angegebenen Eintragung ins Koordinatensystem, ferner Fehler und absolute Übereinstimmungen mittels der ebenfalls von *Mitscherlich* vorgeschlagenen Gruppeneinteilung. Schließlich wurden auch noch Fehler und absolute Übereinstimmungen mittels des von uns erweiterten Koordinatensystems festgelegt.

3. Als Vergleichsgrundlage zur Prüfung der einzelnen Methoden wurden der Gefäßversuch von *Mitscherlich* und die Keimpflanzenmethode von *Neubauer* gewählt, wie es auch *Mitscherlich* tat.

4. Bei jeder dieser sechs Bewertungsarten wurde für jede einzelne Methode, und zwar sowohl bezüglich Fehlerzahl als auch der absoluten Übereinstimmungen festgestellt, welchen Platz (Rang) sie jeweils dabei erhält. Es wurde alsdann die beste Methode, die den ersten Platz bekam, mit einem Punkt, die nächste mit zwei Punkten bedacht usw. Daraus konnte die Gesamtzahl der Punkte für jede Methode und ebenso die mittlere Punktzahl unschwer festgestellt werden. Bei der Gesamtbewertung erhielt dann die Methode mit der geringsten Punktzahl den ersten und die mit den meisten Punkten den letzten Platz usw. Bei gleicher Punktzahl wurde der betreffende Platz mehrmals vergeben. Selbstverständlich wurden hier beide Vergleichsmethoden auch mitgewertet. Schließlich wurde noch in den beiden letzten Spalten das Durchschnittsergebnis unter Zugrundelegung von beiden Vergleichsmethoden zugleich (*Mitscherlich* und *Neubauer*) in derselben Weise angegeben. Dabei können natürlich diese Vergleichsmethoden nicht mehr erscheinen.

5. Es genügt nicht, die Bewertung von Methoden auf Grund nur einer Vergleichungsart, z. B. lediglich mittels des Korrelations-Koeffizienten, durchzuführen. Vielmehr ist, um jede Einseitigkeit zu vermeiden, notwendig, möglichst viele Vergleichsmöglichkeiten heranzuziehen. Ergibt sich nun, daß irgendeine Methode dabei einen guten Durchschnitt erzielt, so darf man jedenfalls daraus schließen, daß diese Methode gut ist.

6. Die bei der Gesamtbewertung unter Zugrundelegung des Gefäßversuches und der Keimpflanzenmethode bezüglich Kali an erster und bezüglich Phosphorsäure an zweiter Stelle stehende Aspergillusmethode läßt dabei zugleich ihre ausgezeichnete innere Verbundenheit mit den ebenfalls auf biologischer Grundlage aufgebauten obigen Methoden des Gefäßversuches sowie der Keimpflanzenmethode deutlich erkennen.

7. Da die von *Mitscherlich* gesammelten 120 Böden aus den verschiedensten in- und auch ausländischen Standorten stammen und nach einer so großen Zahl von Methoden untersucht wurden, dürften die Ergebnisse des Methodenvergleiches eine hinreichend sichere Vergleichsgrundlage bieten.

#### IV. Verarbeitung sämtlicher Phosphorsäurebestimmungen.

Von Stefan Kühn-Budapest.

Die Verarbeitung dieser Ergebnisse erfolgte derart, daß zunächst für jede Methode die Summe aller Ergebnisse und durch die Division der mit Hilfe dieser Methode ausgeführten Bodenuntersuchungen das Mittel der einzelnen Untersuchung nach der betreffenden Methode gebildet wurde (siehe Hilfstabelle). Es wurde sodann das Mittel der Ergebnisse des Gefäßversuches (in dz/ha) = 0.100 gesetzt und daraufhin das Mittel jeder einzelnen Methode auf dieses Mittel bezogen. Auf diese Weise wurde für die Ergebnisse einer jeden Methode ein Umrechnungsfaktor (vgl. die letzte Spalte der Hilfstabelle) berechnet, mit dem nunmehr die für die einzelnen Bodenarten mit der betreffenden Methode gefundenen Analysenwerte multipliziert wurden.

Als Grund diente das Zehntel des arithmetrischen Mittelwertes des Gefäßversuches, da einerseits dieselben eine sechsfache Duplizierung in sich enthalten, andererseits die Ergebnisse derselben sich innerhalb ca. 100 und Null bewegen, wodurch die umgerechneten Zahlen, eventl. die Abweichungen derselben, gleichzeitig als prozentähnliche Bruchteile eines gewissen „mittelmäßigen Größtwertes“ direkt abschätzbar geworden sind. Die *Aspergillus*werte von *Baeyens* und die Bikarbonat-Testzahlen nach *Dirks* von *Goy* scheinen für diese Umrechnung ungeeignet zu sein. Die Richtigkeit für diese Umrechnungsweise für die Methoden mit wenigen Abstufungen, wie z. B. bei den *Azotobakter*versuchen, ist fraglich. Bei allen anderen Methoden gibt aber diese Umrechnung eine vorzügliche Übersicht, vgl. die Haupttabelle! —



Tabelle XXIV

Hilfstabelle zur Umrechnung der Phosphorsäurewerte nach Kühn.

Methode	Summe der Ver- suchs- werte	Anzahl d. unter- suchten Böden	Mittel- wert	Umrech- nungs- faktor	Anmerkung
Mitscherlich, Gefäßv., mg/100 g	908,7	122	7,45	3,58	
Mitscherlich, Gefäßv., dz/ha	32589	122	267,1	0,100	
Neubauer	424,7	119	3,569	7,484	
Sekera, M.-D.-Versuch	4415	120	36,79	0,7260	
Mitscherlich, CO <sub>2</sub>	175,75	120	1,465	18,23	
Puri, CO <sub>2</sub>	80,10	115	0,6965	38,35	
Saidel, CO <sub>2</sub>	724	121	5,983	4,464	
Niklas, Aspergillus	83,21	120	0,6934	38,52	
Smith, "	4379	120	36,49	0,7320	
Baeyens, "	52,550	120	437,9	—	
Keller, Azotobakter	201,5	113	1,783	14,98	
				≈ 15,00	
Stöckli, "	334	121	2,76	9,678	
				≈ 10,0	
Ziemiacka, "	84	42	2,0	13,35	
Arrhenius, 2 <sup>o</sup> / <sub>o</sub> citr.	4818	120	40,15	0,6653	
Balks, 1 <sup>o</sup> / <sub>o</sub> "	27448	121	226,8	0,1178	
Kirssanoff, 1 <sup>o</sup> / <sub>o</sub> "					
(Lemmermann)	3213,9	120	26,78	0,9974	
				≈ 1,0	
Hissink, 1 <sup>o</sup> / <sub>o</sub> citr.	812	30	27,07	0,9867	
				≈ 1,0	
Kirssanoff, 0,2 <sup>o</sup> / <sub>o</sub> HCl	2186,5	120	18,22	1,466	
Bondorff, 2,5 pH HNO <sub>3</sub>	730,7	122	5,989	4,460	
v. 'Sigmond, n/100 HNO <sub>3</sub>	1935,8	121	16,00	1,670	{ Spur ≈ 2 mg ge- nommen bei der Summierung
Kühn, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1708,9	50	34,18	0,7814	
Goy, Dirks-Testzahl	—	—	—	—	
Arrhenius, lactat	887,0	120	7,392	3,613	
Franck, "	1010,6	121	8,352	3,198	
Demolon, Krit.-Konc.	996,33	120	8,303	3,213	
Herzner, Amalgam	1577	121	13,03	2,050	
					{ Spur ≈ 0,5 ge- nommen bei der Summierung
Reifenberg, Kataphorese	399	114	3,500	7,631	

Tabelle XXV

Zur Verarbeitung der Phosphorsäure-Ergebnisse nach Kühn.

					CO <sub>2</sub> -Methoden			Aspergillus		Azotobakter			Säure-Methoden								Laktat-Meth.					
Nr	Mitscherlich, Gefäß- versuch		Neubauer, Keimpflanzen	Sekera, Mikro- Düngungs-Versuch	Mitscherlich, CO <sub>2</sub>	Puri, CO <sub>2</sub>	Saidel, CO <sub>2</sub>	Niklas	Smith	Keller	Stöckli	Ziemiačka	Citronensäure-Methoden				Kirssanoff, 0,2 n HCl	Bondorff, HNO <sub>3</sub> 2,5 pH	v. Sigmund, n/100 HNO <sub>3</sub>	Kühn, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Arrhenius, Laktat- meth. nach Egnér	Franck, Laktat- meth. nach Egnér	Demolon, Krit. Konz	Herzner, Amalgam	Reifenberg Kataphorese	pH H <sub>2</sub> O (Alten)
	dz/ha	mg/100 g											Arrhenius, 2 % ac. citr.	Balks, 1 % ac. citr. nach König- Häckenbauer	Kirssanoff, 1 % ac. citr. nach Lemmermann	Hissink, 1 % ac. citr.										
1	4	4	8	14	16	17	13	12	14	15	30	—	17	13	15	13	17	26	24	—	32	10	35	27	15	6,4
2	75	76	50	40	103	72	54	42	37	45	40	—	36	40	57	—	44	43	36	27	70	52	97	43	—	6,9
3	54	57	40	33	87	58	4	25	26	30	40	—	26	29	35	—	32	34	33	—	53	37	68	37	23	7,1
4	24	20	3	30	43	36	27	21	21	15?	40	—	19	20	45	—	26	30	25	—	32	23	56	33	27	6,9
5	74	75	125	42	290	209	45	102	75	15	50	—	93	85	110	—	88	137	105	66	123	184	104+	119	17	7,4
6	134	131	49	36	166	126	54	72	58	45	50	—	45	57	45	53	51	51	50	37	70	93	75+	57	—	7,6
7	42	43	48	30	62	79	54	44	42	15	40	—	39	50	48	—	73	91	86	—	70	64	36+	59	—	7,4
8	8	8	1	20	21	33	27	27	26	15	30	—	31	33	32	—	48	78	61	—	44	33	13+	62	10	7,3
9	77	76	14	43	107	70	54	75	51	?	40	—	43	63	60	—	55	54	59	—	20	81	65	43	20	7,3
10	7	8	14	21	15	17	18	14	14	15	20	—	15	11	19	—	12	20	24	12	12	9	31	18	23	6,3
11	21	22	16	25	65	54	54	32	24	15	30	—	49	41	45	—	51	63	63	—	53	55	22+	49	12	7,3
12	26	27	43	28	26	26	54	25	26	30	40	—	29	32	30	29	21	18	22	38	42	26	22	23	31	6,0
13	16	15	15	30	15	18	36	21	20	15	20	—	17	18	23	—	21	20	25	—	18	14	32	23	31	6,5
14	12	13	16	29	17	12	27	18	18	15	20	—	19	17	30	—	23	29	25	—	21	15	36	37	21	6,2
15	20	19	23	25	21	31	22	19	20	30	20	—	25	24	19	22	30	39	28	—	35	30	15+	39	—	7,2
16	88	85	23	37	61	56	54	39	34	15	20	—	28	37	30	—	41	38	33	—	60	52	45+	43	24	7,1
17	28	31	56	38	19	17	27	65	56	30	40	—	65	70	70	—	105	66	84	—	46	36	40	72	27	5,0
18	15	17	7	13	2	8	9	23	25	15	10	—	37	31	30	—	41	25	47	36	18	12	3	27	27	4,5
19	9	11	11	41	0	6	4	14	19	30	10	—	17	16	15	—	6	2	Sp.	—	14	4	10	2	Sp.	4,7
20	8	8	13	22	6	14	9	22	27	15	20	—	45	35	35	39	81	92	86	—	14	6	35	80	—	5,7
21	5	5	1	24	20	10	18	24	34	15	20	—	27	42	46	—	51	62	62	—	28	22	38	62	—	6,9
22	5	5	0	9	6	7	13	15	22	15	20	—	30	16	14	—	19	19	20	—	21	8	12+	21	23	7,0
23	22	20	11	23	14	15	27	16	18	15	20	—	13	14	12	13	12	14	13	—	18	11	12+	16	15	6,9
24	44	43	46	26	16	20	27	15	15	?	55	—	5	12	13	—	11	12	12	—	18	19	76	16	31	6,4
25	73	71	66	35	81	116	36	57	46	?	50	—	41	64	65	—	70	84	71	22	88	113	39+	88	28	7,1
26	9	9	23	25	8	10	18	14	18	15	10	—	17	16	20	—	16	7	8	—	14	9	19	10	14	6,5
27	(200)	(286)	148	55	310	235	22	99	71	45	60	—	93	154	120	129	183	216	201	59	141	224	130+	180	107	7,5
28	10	10	20	23	14	22	22	11	17	15	30	—	8	8	10	—	5	5	Sp.	—	12	9	22	8	14	7,4
29	28	25	25	13	18	35	54	40	23	15	40	—	17	21	18	—	2	27	27	—	12	23	28+	21	17	7,8
30	7	7	2	12	4	5	45	9	14	15	20	—	4	3	12	—	1	1	Sp.	8	2	3	11	< 2	24	6,7
31	6	6	3	27	6	6	22	12	13	15	30	—	5	6	8	5	3	1	Sp.	10	5	4	21	< 2	53	6,5
32	30	29	43	29	9	13	18	13	17	45	30	—	7	8	5	—	4	2	Sp.	13	12	11	16	8	37	7,3
33	24	23	18	9	6	20	36	25	18	30	30	—	11	12	12	—	Sp.	29	29	—	7	17	14+	16	18	7,7
34	148	136	81	52	56	40	36	79	59	45	20	13	43	75	60	—	81	48	63	69	63	66	64	57	67	4,3
35	107	103	166	36	33	48	45	50	38	45	30	53	40	56	40	—	55	42	50	50	63	57	66+	66	76	4,3
36	104	98	98	60	77	30	54	89	67	45	30	53	57	92	70	—	88	27	44	100	63	67	51	47	53	4,2
37	11	11	18	28	33	28	71	24	28	15	40	27	20	25	25	—	29	27	26	13	35	27	21+	29	8	7,2
38	49	49	49	30	46	59	71	52	51	15	60	40	42	57	46	—	40	43	32	—	56	53	41+	37	27	7,4
39	89	85	57	38	118	79	71	42	36	30	50	67	38	58	45	—	51	67	53	21	70	73	32+	66	48	6,9
40	1	1	0	13	0	7	0	4	8	15	10	—	0	2	3	1	0	1	Sp.	14	0	1	13	< 2	34	4,3
41	6	6	4	0	6	4	0	7	12	15	10	—	8	5	9	—	1	1	Sp.	11	2	1	6	< 2	17	5,8
42	15	16	46	42	5	11	13	37	33	30	10	—	33	46	40	39	37	24	29	—	28	19	13	14	24	5,0
43	4	4	13	5	7	5	9	7	12	30	40	27	1	3	5	3	1	1	Sp.	5	4	4	16	4	18	7,4



					CO <sub>2</sub> -Methoden			Aspergillus		Azotobakter			Säure-Methoden									Laktat-Meth.						
Nr.	Boden	Mitscherlich, Gefäß- versuch		Neubauer, Keimpflanzen	Sekera, Mikro- Düngungs-Versuch	Mitscherlich, CO <sub>2</sub>	Puri, CO <sub>2</sub>	Saidel, CO <sub>2</sub>	Niklas	Smith	Keller	Stöckli	Ziemiacka	Citronensäure-Methoden					Bondorff, HNO <sub>3</sub> 2,5 pH	v. Sigmund, n/100 HNO <sub>3</sub>	Kühn, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Arrhenius, Laktat- meth. nach Egnér	Franck, Laktat- meth. nach Egnér	Demolon, Krit. Konz	Herzner, Amalgam	Reifenberg, Katalaphorese	pH H <sub>2</sub> O (Alten)	
		Arrhenius, 2 % ac. citr.	Balks, 1 % ac. citr. nach König- Hasenhäuser											Kirssanoff, 1 % ac. citr. nach Lemmermann	Hissink, 1 % ac. citr.	Kirssanoff, 0,2 n HCl												
44	13	14	20	23	20	21	22	19	23	30	30	27	15	18	16	—	26	42	42	9	25	17	11+	33	13	6,3		
45	16	16	28	23	51	30	45	22	23	15	40	—	18	22	19	—	35	48	41	9	35	27	31+	35	18	7,1		
46	16	22	9	44	4	4	4	39	44	15	10	—	67	64	51	54	13	7	16	87	21	14	10	2	19	4,5		
47	11	16	10	28	6	9	18	12	18	30	20	—	9	9	9	—	2	2	Sp.	22	14	6	8	4	11	5,3		
48	30	31	39	25	26	17	31	19	23	30	40	—	31	18	19	19	48	63	57	—	39	21	34	64	31	6,6		
49	3	3	—	10	7	16	22	18	21	30	30	—	13	20	14	—	11	66	78	—	7	26	4	70	17	7,8		
50	28	14	18	31	7	12	18	52	43	30	10	13	25	34	33	34	32	18	29	39	14	22	16+	12	47	5,1		
51	57	53	22	33	14	—	—	37	36	30	—	—	18	26	22	25	29	—	—	—	18	22	—	18	—	4,9		
52	4	7	10	16	7	—	9	17	32	15	10	27	13	15	14	16	2	5	Sp.	17	14	8	12	6	Sp.	6,4		
53	39	38	43	43	11	—	27	82	59	30	40	13	57	57	50	60	70	37	55	—	25	36	19	31	70	5,0		
54	2	4	4	22	0	5	0	12	11	15	10	13	5	8	11	—	7	2	Sp.	11	4	4	14	2	5	4,5		
55	17	18	22	12	11	17	18	14	16	30	30	27	10	10	9	8	12	14	19	—	11	13	16+	21	50	7,4		
56	9	17	15	42	5	5	4	15	19	15	10	—	29	18	20	21	2	2	Sp.	—	9	4	10	0	Sp.	4,7		
57	10	12	22	24	0	8	9	16	15	30	30	13	9	10	11	10	4	4	Sp.	—	11	6	11	4	14	5,2		
58	17	15	18	25	6	—	13	21	19	30	30	13	15	16	16	17	15	12	17	—	11	12	25	12	22	4,8		
59	23	23	31	33	26	12	45	17	20	30	30	13	8	16	15	13	13	15	18	21	12	20	26	16	18	4,7		
60	48	47	48	30	12	18	27	23	23	45	30	13	20	20	21	—	25	20	28	—	18	23	26	21	15	4,9		
61	23	21	21	33	17	19	27	23	20	30	27	—	19	19	20	21	19	14	17	20	14	19	26+	16	29	6,0		
62	1	2	4	0	2	6	0	5	15	15	10	27	10	6	10	—	0	1	Sp.	10	4	1	1	0	Sp.	5,8		
63	4	5	7	22	0	5	9	11	17	15	10	27	7	6	7	6	Sp.	2	Sp.	19	2	3	4	<2	16	5,3		
64	24	24	30	30	8	11	27	32	26	30	20	13	22	26	30	—	26	21	32	40	18	25	28	18	53	4,2		
65	12	16	22	11	5	6	9	12	20	15	10	27	11	11	7	11	3	4	Sp.	—	7	7	4	4	8	5,9		
66	13	23	16	52	7	13	9	28	40	37	49	40	37	49	40	—	15	18	21	—	18	19	4	16	Sp.	5,1		
67	34	32	30	33	12	31	27	51	35	45	50	13	40	32	35	42	37	26	29	—	21	28	27	39	8	4,9		
68	10	8	49	34	14	29	31	56	43	45	20	—	38	61	57	—	62	57	68	—	39	62	8	64	27	4,9		
69	12	14	13	17	0	4	9	21	21	45	10	27	20	20	22	—	15	18	13	—	9	16	6	10	21	5,1		
70	12	15	18	30	2	6	13	28	24	30	10	27	19	33	30	—	32	20	50	—	18	22	7	14	0	5,3		
71	50	44	43	30	41	26	27	30	26	45	50	—	26	26	28	—	29	25	17	—	21	29	60	33	42	6,3		
72	31	26	16	26	17	20	22	24	23	45	40	27	22	20	21	—	23	25	21	—	14	20	59	31	26	6,2		
73	20	18	20	26	13	15	18	23	23	37	30	27	22	19	20	—	21	17	19	—	12	19	29	21	32	5,5		
74	13	11	6	28	9	12	13	20	18	30	20	—	15	15	7	—	15	12	14	—	9	11	29	16	30	5,3		
75	8	8	6	24	0	16	18	17	16	30	20	—	11	10	14	—	10	7	Sp.	—	7	9	12	10	31	4,9		
76	77	71	41	30	90	41	27	39	35	30	50	40	30	35	30	—	32	37	33	29	32	49	53	31	26	6,6		
77	9	8	4	22	15	15	4	16	18	15	20	—	22	15	22	—	16	28	20	—	12	14	18+	25	20	6,6		
78	27	25	25	28	9	18	18	24	23	30	40	27	30	25	26	—	15	14	12	—	14	18	8	16	43	5,9		
79	22	19	42	29	18	28	31	23	25	30	40	—	30	29	27	25	14	15	15	20	19	52	20+	18	23	7,2		
80	19	13	15	28	15	16	27	18	19	37	30	27	17	17	16	—	11	9	9	—	12	17	17	14	32	6,3		
81	20	18	34	30	11	17	13	19	26	30	30	40	36	25	24	—	16	12	14	27	14	19	16	18	40	5,5		
82	13	12	10	25	44	22	27	20	25	37	30	—	30	29	28	26	37	39	41	14	26	32	60	41	14	7,1		
83	14	13	11	29	28	26	22	19	26	30	20	—	30	29	28	—	25	27	29	—	21	36	19+	31	21	6,8		
84	37	33	64	27	5	19	36	25	32	45	40	—	33	32	32	—	29	21	24	—	25	36	40+	27	33	5,4		
85	16	15	12	25	0	10	13	21	27	15	40	—	24	23	21	—	15	11	12	25	12	12	7	10	53	5,8		
86	18	16	15	26	13	15	27	18	22	30	40	27	19	20	20	—	18	18	14	—	12	16	30	21	43	5,7		
87	12	11	4	23	22	20	18	19	23	30	30	—	17	27	26	—	25	25	26	—	14	19	23+	23	24	6,4		
88	11	10	2	23	15	12	22	13	18	23	20	27	13	14	15	—	7	6	9	13	11	9	15+	8	14	6,1		
89	13	11	4	23	16	7	18	13	17	30	20	27	17	14	19	—	13	14	14	—	14	13	15	12	24	6,0		
90	11	10	28	23	20	43	27	18	22	15	20	—	29	18	21	—	18	17	21	—	21	17	20	18	Sp.	5,5		



					CO <sub>2</sub> -Methoden			Aspergillus		Azotobakter			Säure-Methoden									Laktat-Meth.						
Nr	Mitscherlich, Gefäß versuch		Neubauer, Keimplanzen	Sekera, Mikro- Düngungs-Versuch	Mitscherlich, CO <sub>2</sub>	Puri, CO <sub>2</sub>	Saidel, CO <sub>2</sub>	Niklas	Smith	Keller	Stöckli	Ziemiačka	Citronensäure-Methoden				Kirssanoff, 0,2 n HCl	Bondorff, HNO <sub>3</sub> 2,5 pH	v. Sigmund, n/100 HNO <sub>3</sub>	Kühn, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Arrhenius, Laktat- meth nach Egnér	Frank, Laktat- meth. nach Egnér	Demolon, Krit. Konz.	Herzner, Amalgam	Reifenberg, Kataphorese	pH H <sub>2</sub> O (Alten)		
													Arrhenius, 2 % ac citr.	Baiks, 1 % ac citr nach König- Hasenbäumer	Kirssanoff, 1 % ac. citr. nach Lemmermann	Hissink 1 % ac. citr.												
91	18	16	27	30	25	14	36	17	20	45	20	—	27	14	20	—	17	14	14	23	14	14	22	16	49	6,0		
92	15	14	13	25	16	15	22	17	20	45	20	27	25	19	23	—	27	24	23	—	21	18	21+	25	11	6,3		
93	60	55	73	39	52	41	36	40	48	30	40	—	57	38	42	—	51	44	38	41	39	40	65	45	59	5,9		
94	12	12	23	31	7	8	9	19	22	45	10	—	23	15	21	—	18	14	13	33	14	13	9	12	28	5,0		
95	16	15	27	28	10	19	18	25	29	45	20	—	34	19	28	—	31	20	18	38	21	18	14	18	47	5,3		
96	13	12	10	25	9	13	13	15	18	30	30	27	19	12	17	—	12	8	Sp.	—	9	11	9	10	17	5,7		
97	11	10	16	27	7	6	13	19	19	30	30	—	17	18	22	—	16	8	11	—	14	15	10	10	33	5,4		
98	20	18	28	27	24	23	45	18	23	23	30	—	39	22	24	—	16	12	12	28	25	28	17	12	20	6,0		
99	23	21	37	34	17	21	45	29	38	45	50	—	57	29	33	39	26	22	19	—	28	23	16	31	66	5,7		
100	9	8	13	25	6	8	9	16	20	15	10	27	19	17	21	—	10	6	Sp.	—	11	11	5	4	20	5,3		
101	15	14	19	29	17	21	27	15	19	30	20	—	27	15	16	—	12	12	Sp.	15	21	14	30	12	27	6,2		
102	53	49	30	28	36	16	31	32	31	45	40	—	44	35	32	—	37	41	29	—	35	35	—	55	53	6,7		
103	11	10	4	29	5	7	9	12	18	15	20	—	25	14	16	—	12	4	Sp.	—	18	9	6	6	23	6,0		
104	14	13	37	25	21	21	27	15	22	30	30	—	37	24	32	—	37	33	24	—	25	22	29	35	—	6,8		
105	14	13	12	26	9	12	36	19	25	15	20	—	30	29	35	—	19	13	16	—	21	19	40+	10	21	6,5		
106	12	10	19	21	13	16	36	12	16	15	20	—	16	10	11	—	9	8	Sp.	—	11	9	17	10	24	6,4		
107	11	9	7	22	16	17	27	13	20	15	20	27	30	15	17	—	12	12	Sp.	—	18	11	9+	10	18	6,6		
108	8	7	23	25	11	10	18	17	22	15	20	—	18	19	16	—	12	10	10	—	14	11	18	10	21	6,1		
109	8	8	8	12	5	8	18	14	18	30	10	—	12	14	14	—	10	8	Sp.	—	11	9	13	6	22	6,8		
110	8	8	9	22	7	21	18	12	18	15	20	—	25	14	13	—	7	4	Sp.	—	21	12	11	4	47	6,2		
111	15	13	24	20	14	28	45	19	24	30	30	—	29	15	13	—	22	30	27	12	28	24	12+	25	14	7,9		
112	25	22	31	21	30	44	71	19	25	30	30	—	29	19	17	—	28	40	33	12	42	39	16+	31	20	8,0		
113	17	15	33	18	19	38	71	19	24	15	30	—	19	14	15	19	29	33	30	11	25	29	18+	29	14	7,9		
114	13	11	24	11	12	—	71	27	27	15	30	—	30	19	20	—	31	41	43	—	42	28	16+	35	18	7,8		
115	9	8	7	12	13	48	71	29	30	30	20	—	37	26	22	—	22	33	47	11	28	21	15+	31	27	7,7		
116	64	50	67	34	24	46	27	56	31	30	30	—	29	42	43	—	47	50	44	25	39	61	128	39	43	6,5		
117	12	11	10	28	5	12	13	15	20	15	30	13	31	19	16	—	9	5	Sp.	—	25	12	7	8	31	5,5		
118	18	16	19	29	8	11	22	20	26	15	20	27	49	19	22	—	15	12	Sp.	26	28	13	35	14	40	6,1		
119	18	18	22	20	26	22	22	17	23	30	40	40	37	22	26	—	16	22	16	16	32	29	13+	14	29	7,2		
120	24	22	21	26	24	19	36	28	30	—	40	—	37	32	28	—	23	25	22	—	26	28	34	29	30	5,6		
121	4	4	—	—	—	—	9	—	—	—	20	—	—	7	—	—	—	5	Sp.	—	—	5	11	6	7	6,2		
145	23	21	—	—	—	—	9	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	11	—	—	—	38+	—	—	0	(6,1)		



V. Vergleich der Ergebnisse  
der Laktatmethode mit denen des Gefäßversuches.  
Von Olle Franck — Experimentalfältet bei Stockholm.

Die Bodenproben wurden in sieben Klassen geteilt (was aus der Tabelle zu ersehen ist). Der Korrelationskoeffizient wird sehr hoch, etwa  $+ 0.9$ . Von den 120 Bodenproben sollten nach der *Egnér*-Methode vier Stück nicht phosphorsäurebedürftig sein, die es nach der Gefäßmethode sein sollten. Sieben dieser nicht übereinstimmenden Böden liegen aber auf der Grenze.

Rechnet man mit einem Treffprozentsatz zwischen Phosphorsäurebedürfnis und -nichtbedürfnis, und geht man davon aus, daß der Gefäßversuch richtig ist, so würde die *Egnér*-Methode einen Treffprozentsatz von 95 ergeben. Die Bodenproben, die die kleinste Übereinstimmung zwischen Gefäßversuch und *Egnér*-Methode ergeben, sind Nummer 8 und 16.

Tabelle XXVI  
Zur Verarbeitung von *Olle Franck*.

		Gefäßmethode nach Mitscherlich										Summe	
		*)											
		kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> p-Ha	n	n	n	n	n	n	n	n	n		
		I 50	II 100	III 200	IV 400	V 800	VI 1600	VII					
Milchsäuremethode n. Egnér - Franck	I	5										5	
	II	3	11	1								15	
	III		9	33	5							47	
	IV		1	8	18							31	
	V					8	1					13	
	VI					5	3					8	
	VII							1				1	
Summe		8	21	43	26	17	4	1				120	
		98				22							
		P-Bedarf				Kein P-Bedarf							
nach der Gefäßmethode.													

98

P-Bedarf

22

Kein P-Bedarf

98

P-Bedarf nach Egnér-Franck-Meth.

22

Kein P-Bedarf nach Egnér-Franck-Meth.

Korr.-Koeff. = + 0,88

8 von 120 = 93,3% Treffer

\*) Die Klasseneinteilung wurde nach steigender Klassenweite vorgenommen, um die mit größerem Phosphatgehalt folgenden größeren absoluten Versuchsfehler auszuschalten.



## VI. Vergleich der Ergebnisse des Mikro-Düngungsversuches mit denen des Gefäßversuches.

Von F. Sekera-Wien.

1. Vergleich: Gefäßversuch und MD-Versuch. Auf Blatt 1 und 2 sind die Befunde des MD-Versuchs in das übliche Koordinatennetz eingetragen. Die gruppenweise durchgeführte Bestimmung des gewogenen Mittels ergab die gezeichneten Kurven, die den mittleren Zusammenhang darstellen, der zwischen der Düngerwirkung im MD-Versuch und dem Nährstoffgehalt des Bodens nach *Mitscherlich* besteht.

a) Die Abweichung der Einzelwerte von dieser Kurve läßt zwischen Böden mit normaler und abnormaler Düngerwirkung unterscheiden.

b) Der Schnittpunkt der Bedürftigkeitsgrenze nach *Mitscherlich* mit der Funktionskurve ergibt die Bedürftigkeitsgrenze im MD-Versuch. So findet man, daß der Bedürftigkeitsgrenze nach *Mitscherlich* die relative Ernte von 45 % bei Phosphorsäure und von 75 % bei Kali als Bedürftigkeitsgrenze im MD-Versuch entspricht. Ich glaube, daß diese konstruktive Ermittlung der korrespondierenden Bedürftigkeitsgrenze frei von jeder willkürlichen Festsetzung ist und daher am besten einen Vergleich der beiden Methoden erlaubt.

c) Unter der Berücksichtigung der mittleren Fehlerbreite der Methoden (bei der P-Prüfung  $\pm 2,5\%$ , bei der K-Prüfung  $\pm 3\%$  im MD-Versuch, bzw.  $\pm 0,25$  dz Reinnährstoff/ha im Gefäßversuch) wird das Koordinatenfeld durch die beiden Bedürftigkeitsgrenzen in vier Teile geteilt. Das linke untere und das rechte obere Feld enthält die übereinstimmenden Befunde.

Abweichende Befunde: Der MD-Versuch zeigt zu reich an. Diese Böden finden sich im linken oberen Koordinatenfeld. Dort erscheinen aber auch jene Böden, die der MD-Versuch wohl als nährstoffarm, aber als düngerinaktiv bezeichnet. Diese mit  $\times$  bezeichneten Befunde stehen also nicht im Widerspruch zum Gefäßversuch, denn beide Methoden sprechen für Nährstoffarmut. Der MD-Versuch zeigt zu arm an. Diese Böden finden sich im rechten unteren Koordinatenfeld eingezeichnet.

Zusammengefaßt ergeben sich folgende Abweichungen zwischen MD-Versuch und Gefäßversuch:

	Phosphor	Kali
zu reich: . . . . .	2,5 %	5,3 %
zu arm: . . . . .	1,7 %	10,8 %
Abweichungen:	3,2 %	14,1 %

Die abweichenden Befunde sind in der Darstellung mit der Probenr. versehen.

2. Auf Blatt 3 und 4 habe ich die bereits früher mitgeteilten Befunde des MD-Versuchs und die aus dem Vergleich mit dem Gefäßversuch ermittelten Bedürftigkeitsgrenzen dargestellt, so daß die Bedürftigkeit der nach der fortlaufenden Nummer angeordneten Böden übersichtlich wird.

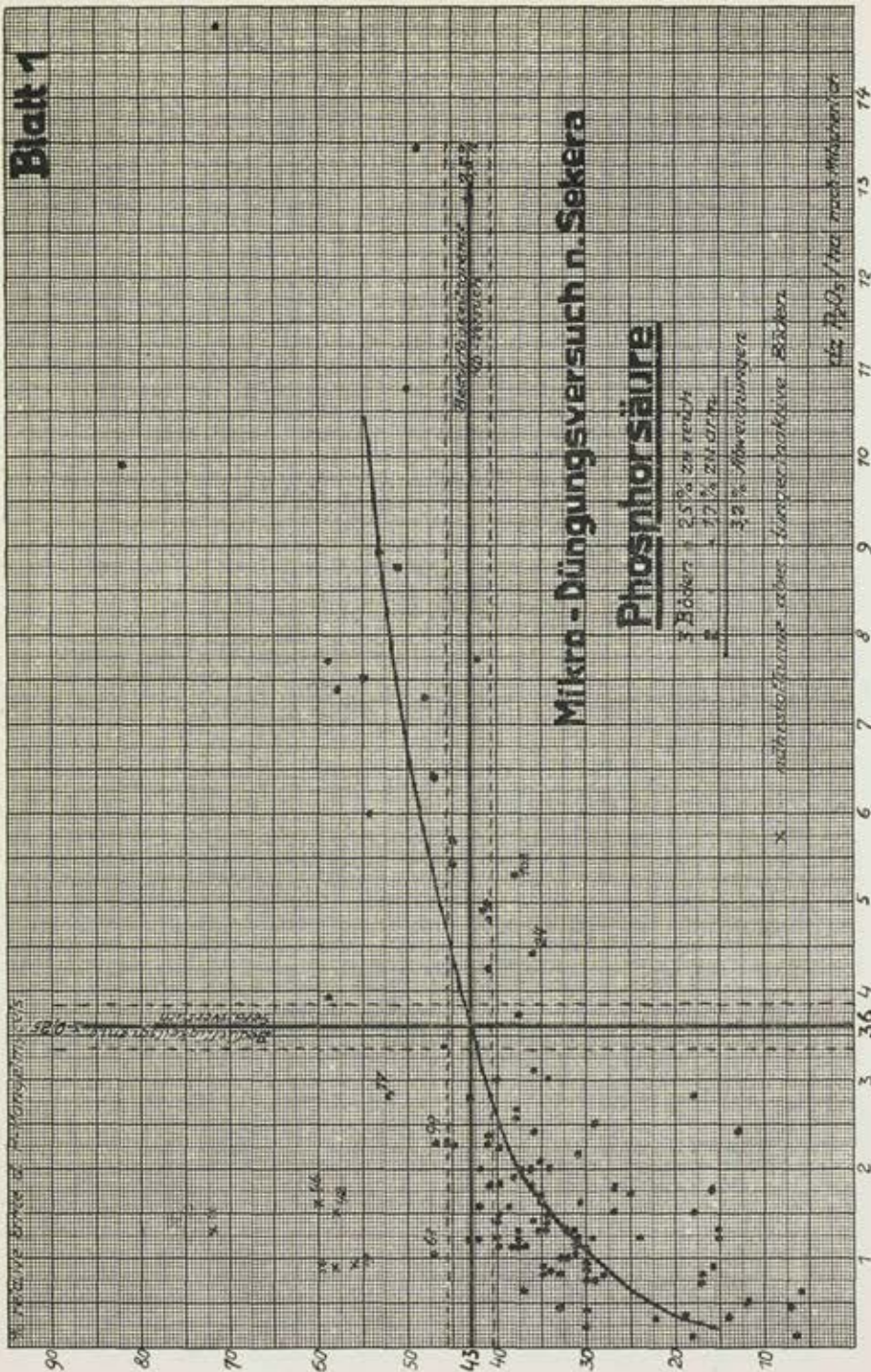
Die aus dem Vergleich mit dem Gefäßversuch abgeleiteten Bedürftigkeitsgrenzen liegen niedriger als jene, die ich seinerzeit vorgeschlagen

habe. Sie entsprechen nach meinen Erfahrungen „mittelguten Standortverhältnissen“, während die von mir ursprünglich vorgeschlagenen Bedürfnigkeitsgrenzen „optimalen Standorten“ entsprechen sollten und eine Anpassung an die gegebenen Standortverhältnisse vorgesehen war.

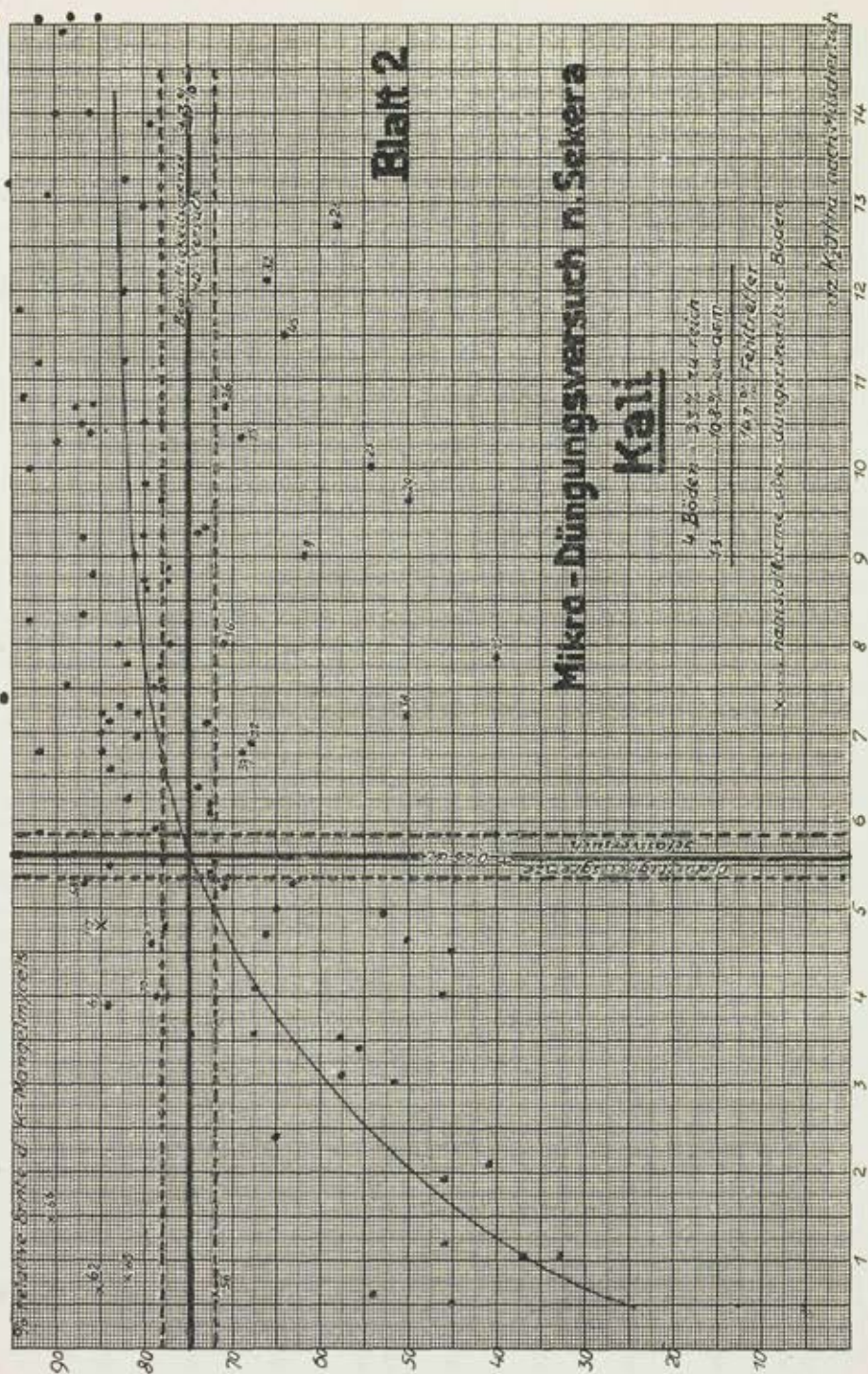
3. „Gedüngte Böden“. Auf Blatt 5 habe ich die Befunde der ungedüngten und gedüngten Böden dargestellt und auch die zugegebene Nährstoffmenge angegeben. Die Pfeile zeigen die durch die Düngung hervorgerufene Verschiebung der Befunde, woraus hervorgeht, daß die gedüngten Böden in der Regel als nicht bedürftig erscheinen. Eine Ausnahme machen mitunter die kleinen Düngergaben. Besonders verweise ich auf Boden Nr. 150, der im ungedüngten Zustand (Nr. 40) als arm aber düngelinaktiv bezeichnet wird. Tatsächlich erscheint die schlechte Düngewirkung nun auch am gedüngten Boden bestätigt.

4. Da sowohl im MD-Versuch wie auch bei anderen Laboratoriumsmethoden eine Anzahl von Böden kalibedürftiger erscheinen als im Gefäßversuch, schlage ich vor, von den betreffenden Böden eine Mineralanalyse heranzuziehen. Ich habe sehr viele Böden kennengelernt, die trotz hohem Nährstoffgehalt nach *Mitscherlich* oder *Neubauer* doch erhebliche Kaliwirkungen zeigen. In der Regel sind dies Böden, die erhebliche Mengen an unverwitterten K-Mineralien enthalten, die bei der dichten Durchwurzelung im Versuchsgefäß vielleicht zu stark aufgeschlossen werden und so genügende Kaliversorgung vortäuschen. Es ist zumindest auffallend, daß jene Böden, die im MD-Versuch als zu K-arm gegenüber dem Gefäßversuch erscheinen, wenig Kali in der Lösung und im Komplex enthalten. Es spielt also möglicherweise eine mineralische Kaliquelle mit, die von den einzelnen Methoden verschieden erfaßt wird.

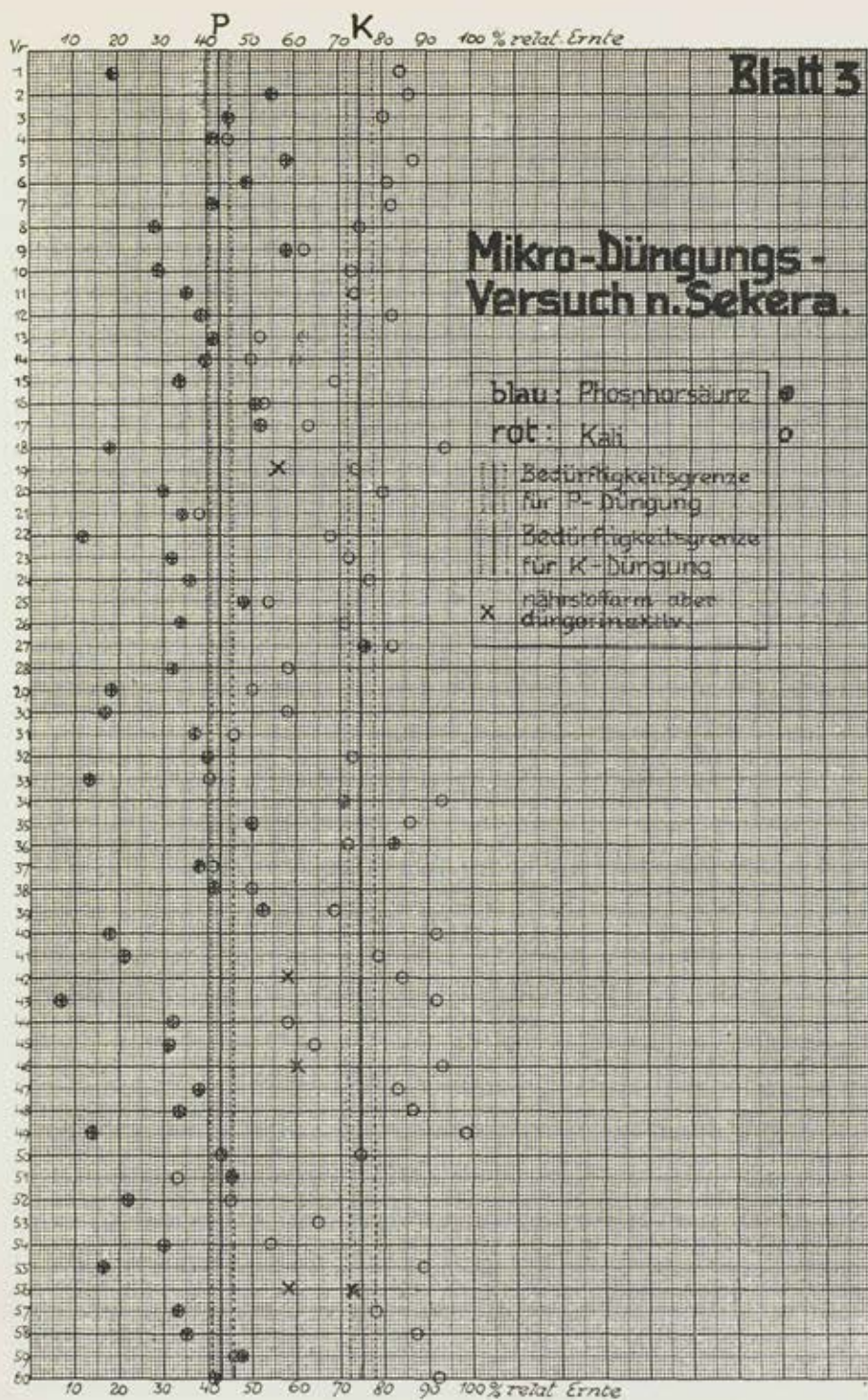




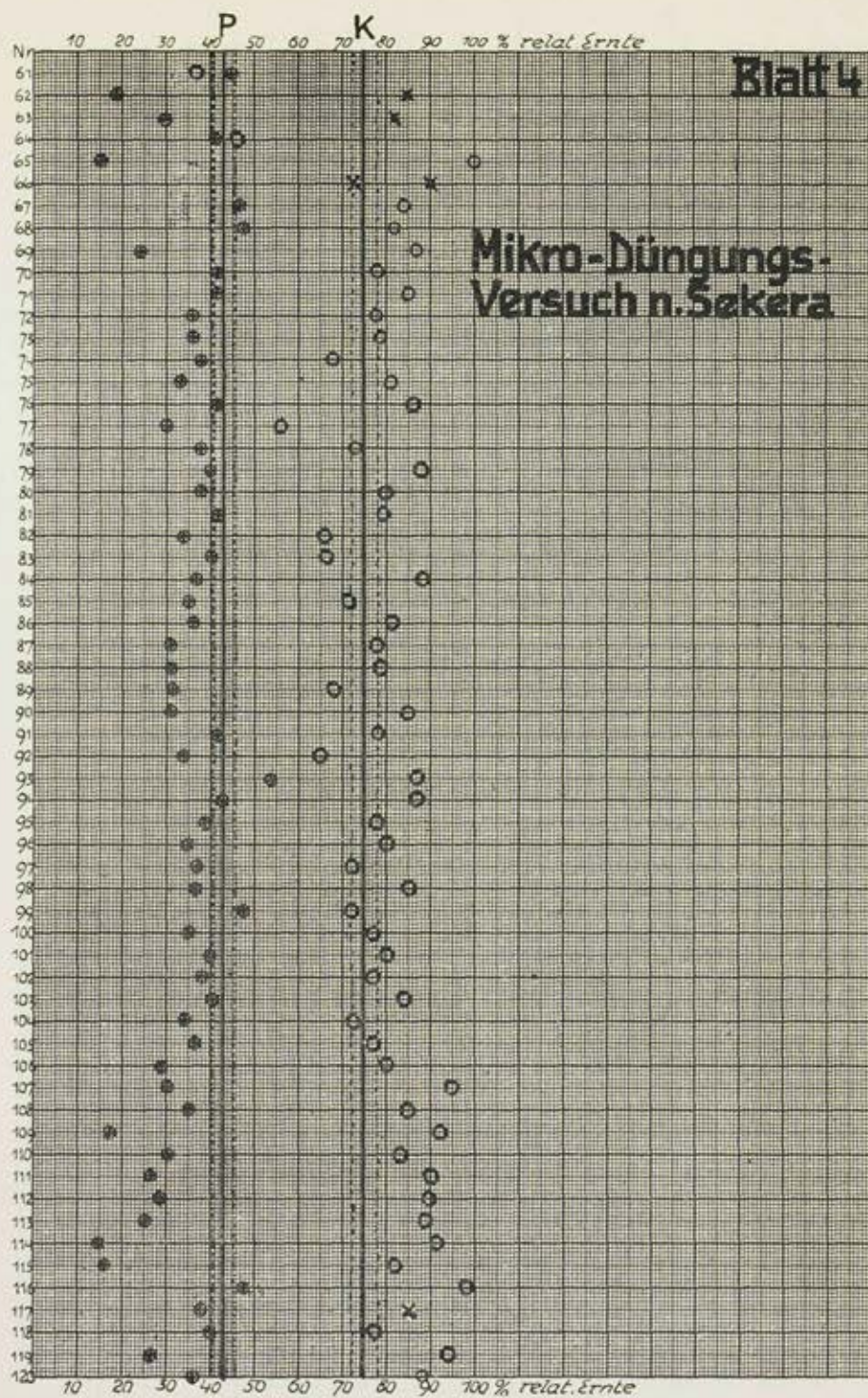






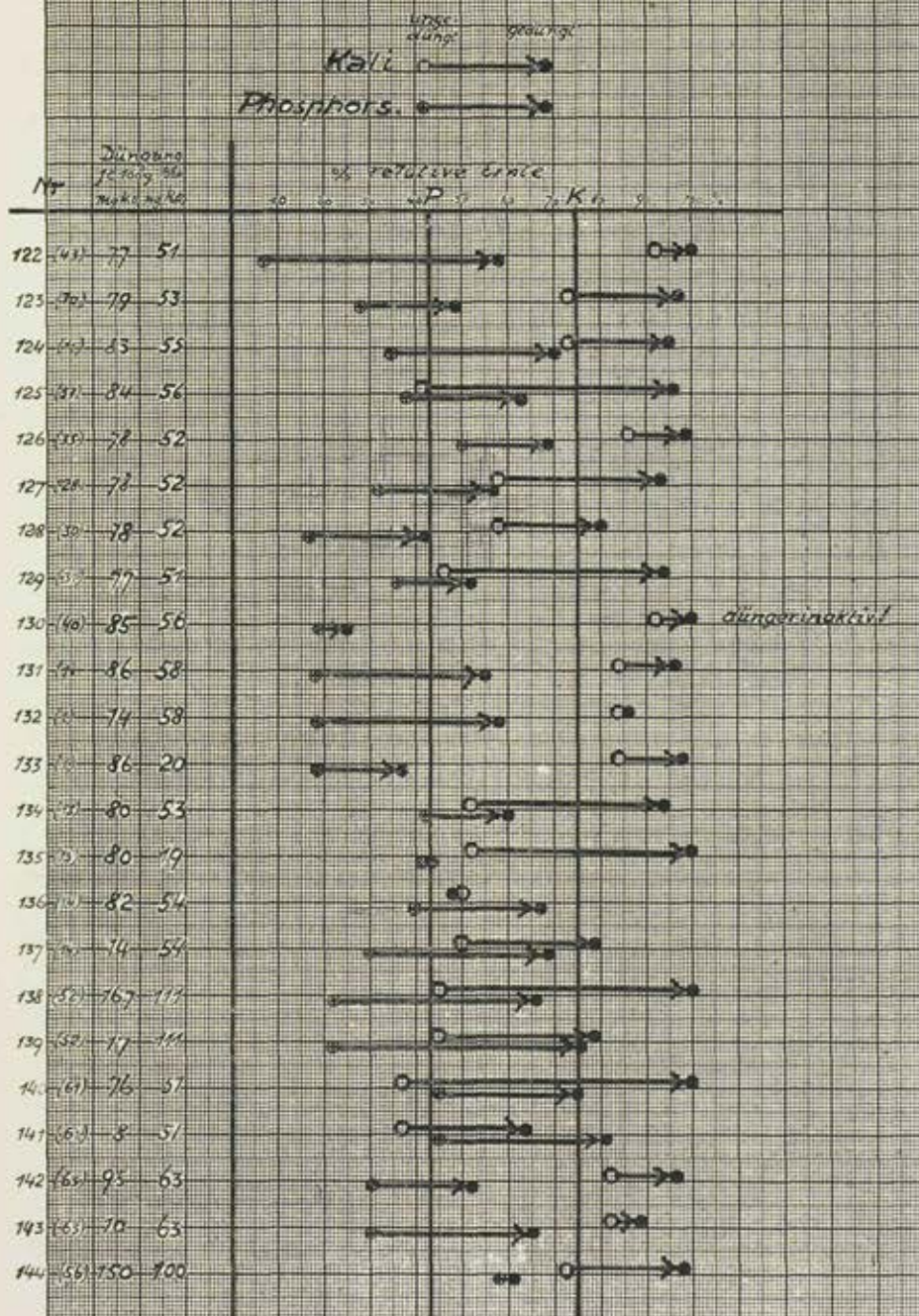








## Mikro-Düngungsversuch n. Sekera





## Summary.

On August 10th, 1935, at a joint meeting of Commissions II, III and IV of the International Society of Soil Science, it was unanimously resolved, at the instance of *Mitscherlich*, Königsberg, to investigate the plant-physiological value of chemical and micro-biological methods for determining soil potassium and phosphorus, and, if possible, to discover a rapid and cheap method. An appeal was accordingly published in the Proceedings of the International Society of Soil Science, Volume VIII (1935), No. 3, pp. 47/48, in which all colleagues who were interested in this question were invited to collaborate. This great joint labour was carried out, and almost all the methods were dealt with which had been worked out for these determinations in the various countries. We should like to express our hearty thanks to all our co-workers for this. The material for the 120 soils submitted for this purpose at first came to hand only slowly, but by the beginning of 1936 it was possible to send the results to the co-operators and to invite them to come to Königsberg for a joint meeting, of which the report follows. As the entire material was used as the basis of discussion, it has been drawn up in the form of tables in the appendix. These tables show which collaborators from the various countries took part in the investigations, and what methods were employed by them for the investigation of the soil samples.

At the first meeting, on August 13th, 1936, the „Method of Comparison“ was first discussed. Here views differed widely; *Mitscherlich* clung to the plant-physiological experiments (field and pot culture) as the basis of comparison. Since the soil must inevitably be taken from the field if it is to be investigated by one of the laboratory methods, the sub-soil not being investigated, the same process must also be adopted for the plant-physiological experiments, i. e. the pot culture experiment must serve as a „basis of comparison“. This was misunderstood by some of the collaborators, who continue to consider the absolute increase of yield by manuring and fail to recognize the significance of the relative increases of yield, whatever the other growth conditions.

*de Vries*, Groningen, was sharply opposed to the above views. He considered that nothing whatever was known on these points, and that it was possible therefore to give advice to the farmer only on the strength of practical experiments. He held that field experiments must be made for the same type of soil, to determine what method of investigation on the soil type in question most closely agreed with the field experiments. Only on the basis of innumerable field experiments would it be possible to obtain a reliable picture for each type of soil.

The question whether the soil weight or the soil volume should be taken as starting-point for the investigations was then dealt with. In



the discussion on the value of mixed samples taken from a larger plot. *Olof Arrhenius* advocated the investigation of soil samples taken singly.

In the afternoon the members went for a joint excursion to the East Prussian coast (Warnicken-Georgenswalde).

On the following days of the meeting the various laboratory methods were discussed, viz., the *Dirks-Scheffer* method, *Mitscherlich's* carbonic acid method, during the discussion of which *Alten*, Berlin, drew special attention to the extraordinarily large amounts of  $\text{CO}_2$  secreted by plants, the method *Saidel*, Bucarest, the *Vageler-Alten* (Berlin), the *Hissink* (Groningen), the *Krauss* and *Truog*, the *Bondorff* (Copenhagen), the *v. Sigmond* (Budapest), and the *de Vries* (Groningen) methods. The method of *Herzner* (Vienna) was then briefly referred to, and the comparison of the results of these methods with that of *Neubauer* and with the pot culture method was discussed.

In connection with the above the chemical methods for the determination of phosphoric acid were first dealt with, as, for instance, the method *Dirks-Scheffer*, the carbonic acid method of *Mitscherlich* and *Puri* (Lahore), the method *Saidel* (Bucarest) and that of *Dreyspring* (Hamburg).

In the afternoon of the second day of the meeting the members and their ladies were taken for a trip round Königsberg harbour and were shown round the town with its memories of Kant. In the evening the gentlemen of the party were given an official reception by the Municipality of Königsberg.

The next day there were meetings in the morning and in the afternoon. The *Dreyspring* method was further discussed, *de Vries* laying special stress on the measurement of the residual action of phosphoric acid in the soil; *Franck* (Stockholm) then dealt with the lactate method, following which there was a discussion of the various citric acid methods, the acetic acid method of Prof. *Demolon* (Versailles), the hydrochloric acid method of *Kirssanoff* (Moscow), the nitric acid method of *Bondorff* (Copenhagen), etc., the ratio of the soil to the solvent and the pH value of the solvent being discussed. At the afternoon meeting the biological methods were then treated, viz., the Azoto-bacter method of *Keller* (Vienna) and *Stöckli* (Zürich), the Aspergillus method of *Niklas* (Munich); there was also a thorough discussion of the *Neubauer* method.

The next day the members were taken across the Kurische Haff to Rossitten, where the ornithological observatory was inspected and a trip was made in an „eld“, terminating in a visit to a shifting sandhill, at the foot of which was the gliding school.

The next day *Ekman* submitted a report by *Mattson* (Ultuna) on the electrodialysis process. The discussion of the pot culture and of the field experiment was then commenced. Here, too, the views of *de Vries* and *Mitscherlich* were again widely divergent.

This was followed by a discussion as to how the practical farmer is to be advised on the strength of the results of soil investigations.

Taking up the pot culture experiments once more, *Mitscherlich* stated that this year experiments had been carried out at various stations in different countries to test the influence of climate when the

other experimental conditions were kept constant. These experiments were to be continued.

In the afternoon the Horticultural Institute and experimental field and pot culture station at Lawsken were visited.

Finally the Saturday meeting was devoted to the comparison of the results obtained for the 120 soil samples by the various methods. *Mitscherlich* submitted a summary in the form of correlations which avoided the irregularities due to grouping found in his earlier report. *Astrand* had worked out the results for the phosphoric acid methods according to the correlation method in a way deserving of all praise; he was requested to work out this calculation for the potassium experiment results also. The results of the work of *Kühn* (Budapest) were reproduced in the appendix; there was not sufficient time to read them at the meeting.

It was then proposed to extend the present material by determining other substances, such as lime, magnesium, iron, aluminium, silicon, the total bases, the final pH value, etc., etc. Various collaborators expressed their willingness to do so. It was proposed to consider how the individual worker could advise the practical farmer on the strength of his results. *Zucker* (Budapest) reported on the extensive experiments in this direction which were being carried out at the time in Hungary.

It was resolved to make additional investigations on new soil samples of definite soil types, on which field experiments, as exact as possible, were to be made; it is desired to select approximately 500 soil samples, together with smaller samples from the subsoil. Several collaborators expressed their willingness to furnish quantities of soil from the most widely differing soil types and from various countries. So as to obviate delays in making reports, each collaborator is to send 60 copies of his results to Königsberg for distribution amongst the other collaborators, this being done early enough to permit of a detailed discussion of the results before the meeting of Commission IV at Stockholm in 1959.

*Mitscherlich* was again entrusted with the task of organising this international undertaking.

This was the final transaction of the scientific meeting. The following Sunday there was a long trip through East Prussia, via Allenstein to the Tannenberg Memorial, to Hohenstein and to the War Cemetery in Kl. Wapnitz, thence via Neudeck to Marienwerder on the Visyula frontier and to Marienburg, there short evening visits were paid to the Castle and to the *Mitscherlich* station.



## Résumé.

Le 10 Août 1935 dans une séance commune des II<sup>e</sup>, III<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> Commissions de l'Association Internationale de la Science du Sol, à l'instigation du Professeur *Mitscherlich* (Königsberg in Pr.) il avait été unanimement décidé de déterminer la valeur, au point de vue de la physiologie de la plante, des méthodes chimiques et microbiologiques de dosage de la potasse et de l'acide phosphorique dans le sol et de chercher à réaliser une méthode qui permette de faire ces déterminations rapidement et à peu de frais. A cet effet, un appel a été adressé dans les Comptes Rendus de l'Association Internationale de la Science du Sol (vol. VIII (1935) fasc. 3 p. 50—51) demandant la collaboration de tous les collègues qui s'intéressent à ces questions.

Non seulement ce grand travail commun a été réalisé, mais on a encore étudié la plupart des méthodes établies à cet effet dans les différents pays. Que tous nos collaborateurs trouvent ici l'expression de nos meilleurs remerciements! Le matériel d'étude des 120 sols différents envoyés à cet effet n'est d'abord arrivé que lentement; de sorte que ce n'est qu'au commencement de l'année 1936 qu'il pût être distribué à tous les collaborateurs et qu'il fut possible d'inviter ceux-ci à une conférence commune à Königsberg, dont on trouvera ci-après le compte-rendu. On a réuni sous forme de tableaux, en appendice, l'ensemble des données qui forment la base des discussions. On voit, d'après ces tableaux quels sont les collaborateurs des différents pays qui ont pris part à ces recherches et quelles sont les méthodes qu'ils ont utilisées pour les diverses sortes de sol.

Dans la première séance, le 13 Juillet 1936, la discussion a porté d'abord sur la „méthode de référence“. Les avis sur ce point ont été très divergents. *Mitscherlich* défend la méthode physiologique (expériences au champ ou en vase) comme méthode de comparaison, mais comme on est obligé d'emprunter la terre au champ pour l'étudier par une des méthodes de laboratoire, le sous-sol par conséquent étant laissé de côté, il faut procéder de la même façon dans l'expérimentation physiologique et par conséquent c'est la méthode d'expérimentation en vases de végétation qui doit être utilisée comme „méthode de comparaison“. C'est ce qui a été mal compris par plusieurs collaborateurs, car on s'en tient encore à l'augmentation de rendement absolue, déterminée par une certaine fumure, et on méconnaît la signification de l'augmentation relative de rendement que l'on obtient par cette fumure, quelle que soit l'action des autres facteurs de croissance.

En opposition très tranchée avec cette manière de voir, *de Vries* (Groningen) considère que l'on ne sait à peu près rien et ne saura jamais rien sur ce sujet. Par conséquent on ne peut que se borner à donner des indications aux agriculteurs sur la base de l'expérience pratique. Il estime

qu'il faut se baser sur l'expérimentation au champ, réaliser d'abord l'expérimentation sur le même type de sols et déterminer ensuite quelles sont les méthodes de laboratoire qui, pour le type de sol considéré, donnent la meilleure concordance avec les expériences au champ. Ce n'est qu'après d'innombrables expériences au champ que l'on peut se faire une image satisfaisante pour un type de sol donné.

On examine ensuite la question de savoir si l'on doit rapporter les expériences au poids du sol ou au volume du sol et quelle est la signification d'un échantillon mixte prélevé dans une parcelle d'une certaine surface. *Olof Arrhenius* estime qu'il faut opérer sur des prélèvements individuels.

Dans l'après-midi du même jour, les membres de la Conférence ont fait une excursion aux falaises de la côte de Prusse orientale (Warnicken-Georgenswalde).

Les jours suivants on a d'abord discuté les différentes méthodes de laboratoire. C'est ainsi que le deuxième jour a été consacré au dosage de la potasse, en premier lieu la méthode *Dirks-Scheffer*, puis la méthode à l'acide carbonique de *Mitscherlich*. A cette occasion *Alten* (Berlin) a bien mis en évidence les excréments considérables de  $\text{CO}_2$  par les plantes. Puis la méthode de *Saidel* (Bucarest), la méthode de *Vageler-Alten* (Berlin), les méthodes de *Hissink* (Groningen), *Krauss* et *Truog*, puis la méthode de *Bondorff* (Copenhague), la méthode de *v. Sigmund* (Budapest), celle de *de Vries* (Groningen). On a envisagé ensuite brièvement la méthode de *Herzner* (Vienne) et discuté sur la comparaison des résultats de ces méthodes avec ceux de la méthode de *Neubauer* et la méthode en vases de végétation.

A la suite ont été examinées d'abord les méthodes chimiques de détermination de l'acide phosphorique, la méthode de *Dirks-Scheffer*, les méthodes de l'acide carbonique de *Mitscherlich* et de *Puri* (Lahore), la méthode de *Saidel* (Bucarest) et celle de *Dreyspring* (Hambourg).

La séance a été ensuite ajournée au lendemain.

L'après-midi du deuxième jour, a eu lieu une visite, par les participants et les dames, du port de Königsberg, de la ville avec les souvenirs de Kant et le soir une réception par la Municipalité de Königsberg.

Le jour suivant, il y a eu séance matin et soir. On a continué d'abord la discussion sur la méthode de *Dreyspring*, à l'occasion de laquelle *de Vries* a insisté sur la détermination de l'acide phosphorique régénéré dans le sol. *Franck* (Stockholm) expose ensuite la méthode au lactate, puis viennent les différentes méthodes citriques, la méthode à l'acide acétique de *Demolon* (Versailles), la méthode à l'acide chlorhydrique de *Kirssanoff* (Moscou), la méthode à l'acide nitrique de *Bondorff* (Copenhague), etc., puis on discute le rapport sol sur solution et le pH de la solution. A la séance de l'après-midi on examine d'abord les méthodes biologiques, la méthode à l'azotobacter de *Keller* (Vienne) et de *Stöckli* (Zurich), la méthode à l'aspergillus de *Niklas* (Munich). On discute longuement sur la méthode de *Neubauer*.

Le jour suivant, les membres de la Conférence ont traversé le Kurisches Haff pour se rendre à Rossitten où ils ont visité la Station d'observation des oiseaux de passage et sont partis à la recherche des élans.



L'excursion s'est terminée dans les dunes où est installée une école de vol à voile.

Le jour suivant la discussion s'ouvre sur les procédés par électrolyse de *Mattson* (Ultona). Elle se poursuit sur la question des essais en vases et en plein champ. Sur ces questions les vues de *Mitscherlich* et de *de Vries* sont à nouveau très divergentes.

La discussion s'engage ensuite sur le parti que l'on peut tirer actuellement des résultats de l'analyse des terres pour guider les agriculteurs.

Revenant sur la question de l'expérimentation en vases, *Mitscherlich* fait connaître que, dès cette année, dans diverses stations et différents pays, des expériences comparatives ont été entreprises sur l'influence du climat, toutes choses égales d'ailleurs, et que ces expériences seront continuées.

L'après-midi est consacré à la visite des installations pour essais de végétation du Pflanzenbau-Institut et du champ d'expériences de Lawnsken avec la Station des essais en vases qui s'y trouve installée.

La séance du samedi est consacrée à la comparaison des résultats obtenus, pour les 120 sols examinés avec les différentes méthodes. *Mitscherlich* expose d'abord une méthode d'évaluation qui ne répartit plus, comme la précédente, les résultats en groupe pour éviter des coïncidences fortuites, mais qui constitue un mode de détermination de la corrélation. *Astrand* a bien voulu soumettre les résultats pour l'acide phosphorique aux méthodes de calcul de corrélation. On lui demande de vouloir bien effectuer aussi ces calculs en ce qui concerne les résultats pour la potasse. Les résultats du *Kühn* (Budapest) sont indiqués en annexe, ne pouvant plus être lus en séance.

Il est émis le vœu de compléter les données déjà acquises, par exemple en déterminant aussi d'autres éléments tels que le calcium, le magnésium, le fer, l'aluminium, le silicium, les bases totales, le résidu sec, le pH final etc... dans les extraits obtenus par les différentes méthodes. Plusieurs membres de la Conférence sont disposés à entreprendre ce travail. Vient ensuite la question de l'utilisation pour la pratique agricole, des résultats obtenus par les différents auteurs. *Zucker* (Budapest) fait connaître les recherches étendues qui ont été faites en Hongrie à ce sujet.

On décide, à côté des recherches particulières, de poursuivre de nouvelles investigations portant sur d'autres sortes de sols, de type de sols bien déterminé, ayant autant que possible fait l'objet d'une expérimentation agricole précise. Il serait bon de choisir environ 500 échantillons et d'y joindre des échantillons moins importants du sous-sol. Plusieurs membres de la Conférence sont disposés à fournir les quantités nécessaires de sols de différents pays et des types les plus différents.

Afin de permettre l'établissement du rapport en temps utile, chaque opérateur est prié d'adresser ses résultats en 60 exemplaires à Königsberg pour qu'ils puissent être distribués aux autres collaborateurs et assez tôt pour qu'une discussion approfondie des résultats puisse avoir lieu lors de la réunion de la IV<sup>e</sup> Commission en 1959 à Stockholm.

La Direction du grand travail international commun est de nouveau confiée au Professeur *Mitscherlich*.

Ainsi se sont terminées les séances scientifiques. Le dimanche suivant il y a eu encore une grande excursion en Prusse Orientale par Allenstein au monument de Tannenberg, à Hohenstein et au cimetière de guerre à Kl. Waplitz et de là, par Neudeck, à Marienwerder sur la frontière de la Vistule, et à Marienburg où au crépuscule on a pu jeter encore un rapide coup d'oeil sur le vieux château féodal et aussi sur la Station Mitscherlich locale. Et ce fut la fin de la Réunion.



## Schrifttum.

1. Mitscherlich, E. A. u. H. Beutelspacher: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., 44, 310—315, 1956.
2. Mitscherlich, E. A.: Landw. Jahrbücher, 82, 308—309, 1955.
3. Dvorak, L.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 25, 47—50, 1951.
4. Krügel, C., Dreyspring, C. u. Heinz, W.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 36, 224—256, 1954.
5. Hetterschij, C. W. G.: Die Phosphorsäure, 5, 215—250, 1955.
6. de Vries, O. u. Hetterschij, C. W. G.: Die Phosphorsäure, 5, 58—62, 1955.
7. Franck, O.: Meddelande Nr. 456 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet, Jordbruksavdelningen Nr. 91, Stockholm, 1955.  
— Das Superphosphat, 9, 176, 1956.
8. Sekera, F.: Die Phosphorsäure, 5, 665, 1955.
9. Lindsey u. Brown, A.: Soil Science, 59, 277, 1955.
10. Dirks, B. u. Scheffer, F.: Das Superphosphat, 6, 75, 1950.  
— Die Deutsche Zuckerindustrie, 56, 535, 1951.  
— Landw. Jahrb., 67, 779, 1928.  
— Landw. Jahrb., 71, 75, 1950.  
— Wissensch. Archiv f. Pflanzenbau, A, 641, 1950.
11. Kramer, B. u. Tisdall, F. F.: Journ. of Biol. Chemie, 46, 359, 1921.
12. Mitscherlich, E. A.: Landw. Jahrb., 82, 501—518, 1955; und die dort erwähnte Literatur.
13. Stiehr, G.: Inaug.-Diss., Kiel 1905.
14. Saidel, Th.: Anuarul Institutului Geologic al României, XVI, 707—775, 1951.
15. Vageler, P. u. Alten, F.: Die Ernährung der Pflanze, 29, 121, 1955.
16. — Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 21, 47 u. 525, 1951; A 22, 21 u. 191, 1951; A 25, 149 u. 208, 1952; A 24, 50 u. 179, 1952.
17. Alten, F. u. Kurmies: Beihefte zur Zeitschr. f. angew. Chemie.
18. Alten, F.: Arbeiten über Kalidüngung, Band II.
19. Hissink, D. J.: Intern. Mitteil. f. Bodenkunde, XII, 104, 1922.
20. Krauß: Die Gartenbauwissenschaften, 8, 488, 1954.
21. Volk, N. J. u. Truog, N.: Journ. of Americ. Soc. Agronom., 26, 557, 1954.
22. Bondorff, K. A.: Tidsskrift for Planteavl, 40, 767, 1955.
23. v. Sigmond, A.: Verhandl. d. II. Komm. d. Intern. Bdkl. Gesellschaft, Kopenhagen 1955.
24. Becker, E.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 15, 274, 1929.
25. Herzner, R. A.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 19, 95, 1951; A 25, 68, 1951.
26. Behrens, W. U.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 24, 289, 1952.
27. Abel u. Magistad: Journ. Americ. Soc. Agronom., 27, 457, 1955.
28. Hoagland, R. u. Martin, C.: Soil Science, 36, 1, 1955.
29. v. Boguslawski, E.: Landw. Jahrb., 85, 711, 1956.
30. Krügel, C. u. Dreyspring, C.: Fortschritte d. Landwirtschaft, 8, 316, 1955.
31. Arrhenius, O.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., B 10, 574, 1951.
32. Dreyspring, C. u. Heinz, W.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 55, 362, 1952.  
— Superphosphate, 7, 181, 201, 1954.  
— Das Superphosphat, 10, 122, 1954.  
— Ergebn. d. Agrikulturchemie, 4, 79, 1955.
33. Krügel, C., Dreyspring, C. u. Heinz, W.: Das Superphosphat, 12, 54, 1956.  
— Superphosphate, 8, 121, 1955.
34. Vageler, P.: Kationen und Wasserhaushalt, Berlin 1952.

35. Dreyspring, C. u. Heinz, W.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., 38, 213, 1935.  
— Superphosphate, 8, 101, 1935.
36. — Superphosphate, 2, 129, 1929.
37. Abel u. Magistad: Journ. Americ. Soc. Agronom., 27, 437, 1935.
38. Sauerlandt, W.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., 42, 187, 1936.
39. de Vries, O. u. Hettersdij, C. W. G.: Der Phosphorsäurehaushalt im Heidesandboden. Sonderheft d. Rijkslandbouwproefstation, Groningen 1936.
40. Egnér, H.: Meddelande Nr. 425 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Avdelningen för lantbrukskemi Nr. 51, 1952.
41. v. Wrangell, M.: Landw. Jahrb., 65, 627, 1926.
42. Mitscherlich, E. A. u. Simmermacher, W.: Landw. Jahrb., XLIII, 405.
43. — Landw. Jahrb., XXXIX, 517, 1910.
44. Arrhenius, O.: Archif v. d. Suikerind. i. Ned. Ind., 1927.
45. — Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 14, 185, 1929.
46. — Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 25, 525, 1932.
47. Mitscherlich, E. A.: 5. Intern. Congr. of Soil Science, London, Vol. II, 1935.
48. Demolon, A. u. Barbier: Annales de la Science agronomique, 329, 1930.
49. Kirssanoff, A. T.: Transactions of the Dokutschaiev Soil Institute, Vol. XII, Moskau 1935.
50. Bondorff, K. A. u. Steenbjerg, F.: Tidsskrift for Planteavl, 58, 275, Kopenhagen 1925.
51. — Tidsskrift for Planteavl, 59, 549, Kopenhagen 1935.
52. Mitscherlich, E. A.: Bodenkunde f. Land- und Forstwirte, 4. Aufl. 1923, S. 194, Verlag Parey, Berlin.
53. Mehlich, A. E., Fred, B. u. Truog, E.: Soil Science, 38, 445, 1935.  
— Journ. Americ. Soc. Agr., 27, 826, 1935.  
— Trans. 5rd. Intern. Congr. Soil. Sci., 1, 168, 1935.
54. Reifenberg, A.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 21, 158, 1931; A 24, 20, 1932; A 27, 84, 1932.
55. Winogradsky, S.: Ann. de l'Institute Pasteur, 59, 299, 1925.
56. Hamburger, H. J.: Biochem. Zeitschr., 71, 415, 1915.
57. Niklas, H., Poschenrieder, H. u. Trischler, J.: Archiv f. Pflanzenbau, 5, 152, 1930.
58. Niklas, H. u. Poschenrieder, H.: Die Ernährung der Pflanze, 28, 86, 1932.
59. Keller, H.: Zentralblatt f. Bakteriologie, II, 86, 407, 1932.
60. Stock, J.: Botan. Archiv, 35, 1, 1935.
61. Sekera, F.: Die Phosphorsäure, 4, 46, 1954; 5, 147 u. 261, 1955.
62. Kawe, A.: Kühn-Archiv, 39, 289, 1935.
63. Stöckli, A.: Landw. Jahrb. d. Schweiz, 693, 1935.
64. — Schweiz. Landw. Monatshefte, Jg. XIV, 1936.
65. Neubauer, H. u. Schneider, W.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 2, 329, 1923.
66. Neubauer, H.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., B 8, 219, 1929.
67. — Verhandl. d. II. Komm. d. Intern. Bdkl. Gesellschaft, A 159, 1929, Budapest.
68. Mitscherlich, E. A.: Die Bestimmung d. Düngerbedürfnisses d. Bodens, 5. Aufl. 1930, Berlin, Parey.
69. Mitscherlich, E. A., v. Boguslawski, E. u. Gutmann, A.: Schriften d. Königsberger Gelehrt. Gesellschaft, 12. Jahr, 51, 1935.
70. de Vries, O.: Die Ernährung d. Pflanze, 30, 373, 1934.
71. — Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., 45, 85, 1936.
72. — Intern. Bodenkdl. Kongr., Oxford 1935, II, 119.
73. Mitscherlich, E. A.: Vorschriften z. Anstellung v. Feldversuchen in d. landw. Praxis, 2. Aufl., 1925, Parey, Berlin.
74. — Schriften d. Königsb. Gelehrt. Gesellsch., Naturw. Klasse, 6, 263, 1929.
75. Lemmermann, O. u. Fresenius, L.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 2, 565, 1923; B 6, 165, 1927; A 15, 249, 1929.
76. Kirssanoff, A. T., Kirssanowa, E. E., Kowalew, J. A. u. Luzernowa, G. A.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., A 34, 196, 1934.
77. Spithost, Jr. C.: Verhandl. d. II. Komm. d. Intern. Bodkl. Gesellsch., Teil A, 113, Kopenhagen 1935.



78. Hooghoudt, S. B.: Verhandl. d. I. Komm. d. Intern. Bdkl. Gesellsch., betitelt „Physique du Sol“, 215. Versailles 1954.
79. Washington Conclusions of the 1st Commission Method A, Mitteil. d. Intern. Bdkl. Gesellsch. IV, 216—218, 1929.
80. Hissink, D. J.: Intern. Mitteil. f. Bodenkde. V, 1, 1915.
81. Truog, E.: Journ. Americ. Soc. Agr., 27, 874, 1950.
82. Truog, E., u. Dean, L. A.: Trans. Third Int. Congr. Soil Sci. 1, 106, 1955.
83. König, J., u. Hasenbäumer, J.: Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bdk., B. 3, 497, 1924; B. 5, 445, 1926.
84. König, J.: Die Ermittlung des Düngerbedarfs des Bodens, 1929, Berlin.
85. Hasenbäumer, J.: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre von Honcamp, I, 791, 1931.
86. Hissink, D. J.: Int. Agr. Wiss. Rundschau, 2, 564, 1926.
87. — Int. Mitt. f. Bodenkunde, XII, 104, 1922.

### Berichtigungen.

- Seite 120: Unter „8.“, zweite Zeile, statt „ $P_2H_5$ “ muß es heißen „ $P_2O_5$ “.
- Seite 121: 3. Zeile vor der unteren Tabelle, statt „Ausnahe“ muß es heißen „Ausnahme“.
- Seite 122: Unter „14.“, zweite Zeile, fehlt ein Punkt vor dem Wort „Basizität“.