

## Vergleichende Versuche zur Bestimmung des Phosphorsäure - Bedürfnisses der Ackerböden.

Von GERHARD HAHN (Königsberg Pr.).

Der Landwirt muss heute jede unnötige Ausgabe zu vermeiden suchen. Es genügt nicht mehr, den künstlichen Dünger nach Gutdünken oder nach einem altgewohnten Rezept, das man vielleicht vor einigen Jahren von einem Nachbarn oder guten Freunde bekam, auszustreuen. - Auch mit den Düngemitteln muss gespart werden. Aber wie soll hier die Sparsamkeit an der richtigen Stelle geübt werden, d.h. ohne dass die Ernteerträge zurückgehen, wenn man gar nicht weiss, welche Nährstoffe dem Boden fehlen? Daher muss der Landwirt mit allen Mitteln danach streben, sich hierüber Klarheit zu verschaffen. - Ausser diesem privatwirtschaftlichen Gesichtspunkte ist ein über das notwendige Mass hinausgehender Verbrauch besonders von Phosphaten mit Rücksicht auf die ganze deutsche Volkswirtschaft auch deshalb nicht wünschenswert, weil diese hauptsächlich aus dem Auslande bezogen werden müssen.

Die ersten Versuche, das Düngerbedürfnis des Bodens zu bestimmen, sind schon recht alt.

Bald nachdem man erkannt hatte, dass die Pflanze darauf angewiesen ist, ihre Aschenbestandteile aus dem Boden aufzunehmen, suchte man, den Gehalt des Bodens an diesen Pflanzennährstoffen festzustellen. Zunächst versuchte man es mit dem Bodenaufschluss durch starke Säuren. Besonders häufig ist die konzentrierte Salzsäure verwandt worden. Wie wohl allgemein bekannt ist, entzieht diese dem Boden erheblich mehr Pflanzennährstoffe, als es unsere Pflanzen vermögen. Beim Vergleich mit Düngungsversuchen zeigte sich, dass der salzsaure Auszug uns nur in extremen Fällen richtige Ergebnisse liefert.

Da die mit konzentrierter Salzsäure gewonnenen Mengen zu gross waren, verwandte man 10 %ige und noch geringere Konzentrationen bis zur 1 %igen Säure. Neben der Salzsäure wurden auch andere Mineralsäuren verwandt, z.B. 1 - 1,5 %ige Salpetersäure. Auch diese Versuche blieben ohne Erfolg.

Man suchte dann, den Vorgang der Nährstoffaufnahme durch die Pflanze möglichst genau nachzuahmen. DYER<sup>1)</sup> untersuchte 100 Pflanzen aus 20 verschiedenen Klassen des natürlichen Systems und stellte fest, dass die Azidität des Wurzelsaftes im Durchschnitt einer 0,910 %igen Zitronensäure gleichkommt.

STUTZER<sup>2)</sup> und andere fanden eine befriedigende Übereinstimmung zwischen der Löslichkeit phosphorsäurehaltiger Düngemittel in 1 %iger Zitronensäure und ihrem Wirkungswerte. Auf Grund dieser Forschungen kam man dazu, 1 %ige Zitronensäure als Lösungsmittel zu verwenden. Neben dieser verwandten auch einige Forscher andere organische Säuren, z.B. 1 - 5 %ige Essigsäure, Oxalsäure usw. Über die beiden eben genannten Säuren lauten die Urteile nicht so günstig wie über die Zitronensäure. LEMMERMANN<sup>3)</sup> erklärt, die Essigsäure sei zu solchen Untersuchungen unbrauchbar, weil bei einer Verlängerung der Schüttelzeit die im essigsauren Auszug gefundene Menge an Phosphorsäure wieder abnehme. LEMMERMANN nimmt an, dass sie durch in Lösung gehende Eisen- und Tonerdeverbindungen wieder ausgefällt würde. Andere organische Säuren als Zitronensäure sind auch selten verwandt worden. Zitronensäure gewöhnlich als 1 %ige Säure, daneben finden sich auch Untersuchungen mit 2 und 1/2 %iger Säure.

Obgleich von verschiedenen Forschern wie LEMMERMANN<sup>3)</sup>, BLANK, PFEIFFER<sup>4)</sup> ange-

1) BERJU, Landw. Vers. Station 55, 1901 S. 19. Journ. of the chem. Soc. 65. S. 115 - 167, 1894.

2) STUTZER, Chem. Ind. 1884, Februar.

3) LEMMERMANN, Landw. Vers. Stat. 89, 1917.

4) Landw. Vers. Stationen 1912 S. 217.

nommen wird, dass der Pflanze ausser der Kohlensäure auch noch andere organische Säuren zur Verfügung stehen, ist ein einwandfreier Nachweis dieser Wurzelabscheidungen noch nicht gelungen. STOKLASA hat gefunden, dass Ameisen-, Essig- und Oxalsäure bei mangelhafter Versorgung der Wurzeln mit Sauerstoff ausgeschieden würden. Bei ungehindertem Luftzutritt fand sich nur Kohlensäure<sup>1)</sup>

Nach MITSCHERLICH<sup>2)</sup> bilden die in kohlensäure-gesättigtem Wasser löslichen Salze das Maximum der unsern Kulturpflanzen zur Verfügung stehenden Nährstoffe.

Der kohlensäure Bodenauzug nach MITSCHERLICH<sup>3)</sup>, auf den ich an anderer Stelle noch zurückkommen werde, hat die anfangs auf ihn gesetzten grossen Hoffnungen auch nicht erfüllen können.

NEMEC<sup>4)</sup> hat kürzlich eine neue Methode veröffentlicht; er stellt einen Bodenauzug nur mit destilliertem Wasser her. Die Nährstoffe werden dann im Auszuge kolorimetrisch bestimmt. Er glaubt auf diesem Wege das Düngerbedürfnis des Bodens ausreichend genau bestimmen zu können.

Ich entnehme seinen Ausführungen folgendes: "Aus welchem Grunde sind aber die meisten bisherigen Versuche nach Lösung dieser Frage durch die chemische Bodenanalyse gescheitert? Auf diese Frage kann man folgende einfache Antwort entgegenstellen, wollen wir nur berechnen, wieviel Düngemittel in der landwirtschaftlichen Praxis (z.B. 2 dz Superphosphat auf ein ha Fläche) auf 1 kg Boden entfallen. Wenn wir nur die oberste Bodenschicht bis zu 30 cm Tiefe in Betracht ziehen, dann wiegt die Bodenmenge auf 1 ha (im lufttrockenen Zustande) ungefähr 3.600.000 kg. Auf 1 kg Boden kommen dann nicht mehr als 0.00006 kg Düngemittel. Bei einem Gehalt von 18 % wasserlöslicher  $P_2O_5$  im Superphosphat kann leicht berechnet werden, dass durch die erwähnte Düngung 1 kg Boden bloss durch etwa 0,010 g  $P_2O_5$  bereichert wird, d.h. nur um 0,001 % der Bodenmenge! Jedoch die Pflanze reagiert auf solche winzig kleine Nährstoffmengen sehr oft durch überraschende Erhöhung des Ernteertrages!"

Zu der Berechnung wäre zu sagen, dass sie jedenfalls nichts Neues ist. Sie ist von MITSCHERLICH<sup>5)</sup> schon vor 18 Jahren durchgeführt worden und wird bei der Bestimmung des Düngerbedürfnisses durch den Gefässversuch nach MITSCHERLICH verwandt. Diese Methode scheint NEMEC, wie aus seiner Arbeit hervorgeht, auch bekannt zu sein. NEMEC fährt fort: "Unsere üblichen Methoden für chemische Bodenuntersuchung sind aber bei weitem nicht empfindlich genug, solche geringe  $P_2O_5$  Mengen mit ausreichender Genauigkeit zu prüfen."

Es ist aus NEMECs Ausführungen nicht ganz ersichtlich, ob er 0,010 g  $P_2O_5$  meint oder 0,001 %  $P_2O_5$  kleinerer Bodenmengen, wie er sie verwendet. Jedenfalls ist noch eine Bestimmung von 0,001 ± 0,00001 g  $P_2O_5$  mit der Phosphorsäureanalyse nach MITSCHERLICH bei genügender Sorgfalt möglich.

"Für praktische Bodenfruchtbarkeitsbestimmungen genügt nach meinen (NEMEC) Erfahrungen völlig ein Auszug von 30 g an der Luft getrockneten Bodens mit 100 ccm destilliertem Wasser herzustellen und in 30 ccm bzw. 50 ccm klaren Filtrats die Menge der  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  und N (in Nitratform anwesend) kolorimetrisch festzustellen."

Zunächst dürfte es schon nicht so ganz einfach sein, besonders bei alkalisch reagierenden Böden, immer von dem Auszuge ein klares Filtrat zu erhalten, wie es die kolorimetrische Bestimmung erfordert. Ausserdem erscheint es mir sehr zweifelhaft, ob die in diesem Wasserauszug kolorimetrisch gefundenen Mengen tatsächlich den aufnehmbaren Nährstoffen entsprechen. Ob die Methode brauchbar ist, kann natürlich erst eine genaue Nachprüfung ergeben.

1) Beiträge zur Lösung der Frage der chemischen Natur des Wurzelsekretes. Jahrb.f. wissenschaftl. Botanik, Bd. 44 Heft 1.

2) MITSCHERLICH, Landw. Jahrbücher 43, 1913 S. 419.

3) MITSCHERLICH, Bodenkunde, S. 192.

4) Landw. Presse, Sonderabdruck 38, Jahrg. 1926.

5) FÜHLINGS Landw. Zeitschr. 1908, Jahrg. 55 Heft 11.

MITSCHERLICH, Bodenkunde S.182 und andere Veröffentlichungen von MITSCHERLICH.

Bisher hat die Analyse eines Bodenauszeuges uns nicht das gewünschte Resultat bringen können. Um die Gründe für das Versagen der einzelnen Methoden näher kennen zu lernen, wurden mehrere chemische Methoden untereinander und mit Vegetationsversuchen, gewöhnlich Gefäßversuchen, verglichen. Auf diesem Gebiet ist zunächst eine Arbeit von BLANK<sup>1)</sup> und ALTEN zu erwähnen. Die Versuche zeigen gewisse Ähnlichkeit mit schon früher von LEMMERMANN<sup>2)</sup> angestellten Versuchen.

Die Verfasser schreiben darüber: "LEMMERMANN hat vor Jahren dem Düngerbedürfnis des Bodens in der Art näher zu kommen versucht, dass er dem als Versuchsobjekt dienenden Boden seine den Nährstoffauszügen entsprechenden Nährstoffe entzogen und den Einfluss derartig ihres Kalis beraubter Böden auf die Pflanzen klarsulegen getrachtet hat. Wir haben zu unsern Untersuchungen für die Bodenphosphorsäure den umgekehrten Weg gewählt, indem wir versuchten, der Pflanze diejenigen Mengen Phosphorsäure zur Verfügung zu stellen, die uns der Nährstoffauszug als in einem Boden vorhanden erwies.

Derartige Untersuchungen wie diese haben aber u.E. einen doppelten Wert, insofern, als sie uns nicht nur Aufschluss über die in vorliegender Abhandlung zu erörternden Fragen geben, sondern hierüber hinaus noch gestatten, Anhaltspunkte für die Ausarbeitung einer pflanzenphysiologisch-chemischen Bodenanalyse zu gewinnen, die uns auch heute noch, trotz reicher Bemühungen und mancher Erfolge auf diesem Gebiet fehlt.".....

....."Das Ziel unserer Untersuchungen ist daher, dem Boden oder - besser gesagt - einem zunächst völlig indifferenten Substrat - einzelne Bodenkonstituenten einzuverleiben und deren Wirkung auf das Pflanzenwachstum bzw. die Ernährung der Pflanze zu beobachten." ....

"Zu unseren Untersuchungen wählten wir einen Boden aus, der uns in Bezug auf seine Phosphorsäurebedürftigkeit von früheren Versuchen her genügend bekannt war, und der sich als ein gar nicht oder nur wenig auf Phosphorsäure reagierender Boden gezeigt hatte."..... "Von diesem Boden wurden die verschiedenen Nährstoffauszüge hergestellt, und zwar wurden nachstehend wiedergegebene Methoden angewandt denen wir zugleich die im Bodenauszug ermittelte Menge an Phosphorsäure beifügen."

1. 20 g lufttrockener Boden (von 4,25 % Feuchtigkeitsgehalt) wurde mit der fünffachen Menge einer 10 %igen Salzsäure, ohne Berücksichtigung des Karbonatgehaltes des Bodens 4 Stunden auf dem siedenden Wasserbade behandelt. Es waren in Lösung gegangen: 0,192 %  $P_2O_5$ .

2. 20 g lufttrockener Feinboden gleichen Feuchtigkeitsgehalts wurden mit der zweifachen Menge 10 %iger HCl in gleicher Weise behandelt. Es waren in Lösung gegangen: 0,178 %  $P_2O_5$ .

3. 20 g lufttrockener Feinboden wurden mit zweifacher Menge kalter 25 %iger HCl behandelt. Es gingen in Lösung: 0,177 %  $P_2O_5$ .

4. 25 g lufttrockener Boden mit zweifacher Menge 1 %iger HCl drei Stunden auf dem Wasserbade einmal ohne Berücksichtigung des Karbonatgehaltes, das andere Mal unter Abstumpfung desselben mit HCl. Gelöst wurden im ersten Falle 0,028, im zweiten Falle 0,053 %  $P_2O_5$ .

5. 25 g lufttrockener Boden mit zweifacher Menge 1 %iger  $HNO_3$  drei Stunden auf dem Wasserbade mit und ohne Berücksichtigung des Karbonatgehaltes. Lösungswerte: 0,38 bzw. 0,030 %  $P_2O_5$ .

6. 50 g lufttrockener Boden mit 500 ccm 2 %iger Zitronensäure eine Stunde im Rotierapparat geschüttelt, und zwar auch hier mit und ohne Rücksicht auf den Kar-

1) E.BLANK und E.ALTEN, Untersuchungen über die physiologische Bedeutung der Nährstoffauszüge, ein Beitrag zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens auf chemischem Wege. Journ.f.Landwirtschaft 1925 S.39., BLANK, Beiträge zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens, Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung, B 1926 Bd. 5 Heft 2/3, S. 118 -125.

2) LEMMERMANN, Landw. Vers. Stat. Bd. 49, 1898 S. 285.

bonatgehalt. Gelöst wurden 0,063 bzw. 0,052 %  $P_2O_5$ .

7. Desgleichen unter Verwendung von 1 %iger Zitronensäure. Hierdurch lösten sich 0,061 bzw. 0,043 %  $P_2O_5$ .

8. Desgleichen bei Benützung von 1/2 %iger Zitronensäure. Es lösten sich 0,057 bzw. 0,030 %  $P_2O_5$ .

9. Desgleichen als Lösungsmittel 1 %ige Essigsäure unter denselben Bedingungen mit dem Erfolge 0,062 bzw. 0,027 %  $P_2O_5$ .

10. Die Löslichkeit der Bodenphosphorsäure in mit  $CO_2$  gesättigtem Wasser, nämlich 0,002 %  $P_2O_5$ .

11. Desgleichen im Wasser 0,002 %  $P_2O_5$ ."

Dass die konzentrierte Salzsäure dem Boden viel grössere Mengen an Pflanzennährstoffen entzieht, als es die Pflanze kann, ist schon mehrfach einwandfrei festgestellt worden. Die Bodenauszüge mit verdünnter Salzsäure - gleichgiltig von welcher Konzentration - sind ganz willkürliche Verfahren. Die verdünnte Salzsäure besitzt bekanntlich keinen feststehenden Siedepunkt, sie scheidet beim Kochen HCl-haltige Wasserdämpfe ab, bis sie 20 % HCl enthält.

Da sich der Säuregrad der Lösung ständig ändert, ganz abgesehen von dem Einfluss des Bodens auf die Stärke der Säure, dürfte die Säure auf verschiedene Böden in ganz verschiedener Weise einwirken. Meines Wissens sind daher noch nie einigermaßen brauchbare Resultate mit verdünnter Salzsäure erzielt worden.

Ähnliche Verhältnisse liegen auch bei der verdünnten Salpetersäure vor, diese scheidet Wasserdämpfe ab, bis sie 68 %  $HNO_3$  enthält. Auch diese Methode bietet aus dem oben genannten Grunde gar keine Gewähr dafür, dass nicht verschiedene Böden von der Säure in ganz verschiedener Weise angegriffen werden.

Die Bedingungen für die Bodenauszüge mit verdünnten organischen Säuren scheinen ganz willkürlich gewählt zu sein, es kann sich hier also nur um Tastversuche handeln.

Bei dem Bodenauszug mit Kohlensäure-gesättigtem Wasser scheint es mir zweifelhaft, ob es sich tatsächlich um solches gehandelt hat, sonst könnte doch nicht solche Übereinstimmung mit dem Wasserauszug bestehen.

In diesem Zusammenhange möchte ich gleich auf einen Einwand eingehen, den BLANK in einer anderen Veröffentlichung gegen das Abstumpfen der Karbonate erhebt<sup>1)</sup>. Um die Verhältnisse näher kennen zu lernen, gab er zu einem Gemisch von  $CaCO_3$  und  $CaHPO_4$  die der Kohlensäure des Kalkes äquivalente Menge Zitronensäure und später immer kleinere Gaben Zitronensäure, dabei liessen sich immer ganz beträchtliche Mengen Phosphorsäure in Lösung bringen. Dieselbe Beobachtung machte er auch bei Versuchen mit Boden. BLANK schliesst daher, dass das Abstumpfen der Karbonate keinen besonderen Wert beanspruchen kann.

Der Vorgang lässt sich meiner Ansicht nach folgendermassen erklären: Durch die freierwerdende Kohlensäure ist ein Teil des Dikalziumphosphats, das ja kohlensäurelöslich ist<sup>2)</sup>, in kohlensauren bzw. sauren kohlensauren Kalk und Monokalziumphosphat gespalten worden und dann als wasserlösliches Phosphat in Lösung gegangen.

Als absolut "richtig" kann meiner Ansicht nach weder das Abstumpfen, noch das Nichtabstumpfen der Karbonate bezeichnet werden. Mir scheint nur der Fehler, der beim Abstumpfen der Karbonate entsteht, geringer zu sein, da die Erhöhung des Säuregrades der Lösung nicht erheblich sein kann, weil doch wohl der grösste Teil der Kohlensäure aus der Lösung entweicht und sich über dieser in den Schüttelflaschen ansammelt.

Nunmehr möchte ich auf die von BLANK und ALTEN zum Vergleich angestellten Gefässversuche eingehen. Schon der erste Blick zeigt, dass hier ganz Unvergleichbares verglichen worden ist. Es ist gar nicht möglich den Ertrag von Sand- mit dem von Bodengefässen zu vergleichen, um die Wirkung der Phosphorsäure festzustellen. Die physikalischen Wachstumsfaktoren sind von vornherein andere und bedingen auch andere Resultate. Etwa gefundene Übereinstimmungen sind ganz zufällige Erscheinungen,

1) Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung B Bd. 5 1926 Heft 2/3.

2) MITSCHERLICH, Landw. Jahrb. Bd. 43, 1913.

die bei anderen Böden nicht wieder einzutreten brauchen. Es ist ausserdem eine unsichere Massnahme, nur einen einzigen Boden zu solchen Untersuchungen heranzuziehen.

Nun zur Frage der Düngung. Wie es von MITSCHERLICH<sup>1)</sup> mehrfach nachgewiesen worden ist, müssen auch hier alle anderen Wachstumsfaktoren konstant gesetzt werden. Nur der eine, der untersucht werden soll, kann verändert werden. Da wir nun von vornherein nicht wissen, wie hoch der Gehalt unserer Böden an Pflanzennährstoffen ist und andererseits möglichst hohe Erträge erzielen wollen, um möglichst sichere Resultate zu erhalten, müssen wir in solchen Fällen bei allen Gefässen von allen anderen Nährstoffen möglichst so grosse Mengen verabfolgen, dass eine weitere Steigerung des Ertrages durch einen dieser Nährstoffe, in diesem Falle Stickstoff, Kali, Kalk, Magnesia usw., nicht mehr möglich ist. Die Sandgefässe erhielten:

1,5 g N in Form von  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   
 1,7 g  $\text{K}_2\text{O}$  als  $\text{K}_2\text{SO}_4$   
 1,0 g  $\text{CaCO}_3$   
 0,3 g  $\text{MgSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$   
 0,05 g  $\text{FeCl}_3$

Die Bodengefässe erhielten dagegen nur:

0,6 g N ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )  
 0,7 g  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ).

Die Gefässe wurden also in diesem Falle auch verschieden mit Nährstoffen versehen. Aus welchem Grunde dies geschah, geben die Verfasser nicht an. Durch die verschiedene Düngung wurde ein zweiter Fehler in die Untersuchungen hineingetragen! Leider ist von den Verfassern nicht angegeben worden, wie der Phosphorsäuregehalt des zur Düngung der Sandgefässe verwandten Dikalziumphosphats ermittelt wurde. Da der Wirkungswert eines Düngemittels von seiner Löslichkeit abhängt<sup>2)</sup>, wäre eine Angabe hierüber von Interesse.

Das von BLANK und ALTEN gefundene Resultat: "Die konzentrierten HCl-Auszüge, gleichgiltig ob sie in der Wärme oder Kälte hergestellt werden, sind daher für die Ermittlung der assimilierbaren Bodenphosphorsäure untauglich, und ebenso liegt es für die nur gering konzentrierten Säureauszüge, bei deren Herstellung Rücksicht auf die Anwesenheit der im Boden vorhandenen Karbonate genommen wird. Aber auch das  $\text{CO}_2$  gesättigte Wasser wie Wasser allein vermögen nach vorstehenden Befunden nicht die assimilationsfähige Bodenphosphorsäure in Lösung zu bringen" ist auf Grund der beiden oben angegebenen hauptsächlichsten Fehler in der Versuchsanstellung ein zufälliger Befund, der nur in diesem einen Falle und nur unter diesen Bedingungen gefunden werden konnte, soweit darin nicht Angaben enthalten sind, die durch Resultate anderer Forscher bestätigt sind.

Dann möchte ich auch noch auf vergleichende Versuche hinweisen, welche LEMMERMANN bei der Ausarbeitung seiner Methode, der Bestimmung der relativen Löslichkeit der Bodenphosphorsäure, verwendete<sup>3)</sup>. Die Versuche genauer zu besprechen, würde zu weit führen. Auch diese Methode liefert uns nur Annäherungswerte. LEMMERMANN bemerkt selber ausdrücklich<sup>4)</sup>, .... "dass die Beurteilung des Phosphorsäurebedürfnisses der Böden nach dieser (wie nach allen anderen Schnellmethoden) in manchen Fällen versagen muss."

1) MITSCHERLICH, Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Berlin 1924. und andere Veröffentlichungen.

2) MITSCHERLICH, Zur Düngemittelanalyse, Landw. Jahrb. 1913, Bd. 43.

3) Landw. Vers. Stationen. 1917 Bd. 89 S. 81 -145.

4) Ungedruckte Mitteilung, die dem Pflanzenbauinstitut der Universität Königsberg von Herrn Prof. Dr. LEMMERMANN freundlichst zur Verfügung gestellt worden war.

Eine vollständige Lösung des Problems "der chemischen Bodenanalyse", nämlich die quantitative Bestimmung der Nährstoffe, die der Pflanze im Boden zur Verfügung stehen, gelang auf anderem Wege, nämlich durch den Gefässversuch nach MITSCHERLICH.

Die auf diese Weise errechneten Werte habe ich mit den Methoden NEUBAUER und LEMMERMANN verglichen. Ausserdem wurde noch die Analyse des kohlensauren Bodenausguges, nach MITSCHERLICH, mit zum Vergleich herangezogen.

Ehe ich näher auf die einzelnen Methoden und ihre Ausführung eingehe, möchte ich einiges über die Böden, die zu diesen Versuchen herangezogen wurden, sagen.

Die Bodenproben wurden im Frühjahr des Jahres 1925 entnommen und an die Königsberger Station der MITSCHERLICH-Gesellschaft zur Untersuchung eingesandt. Die Gefässversuche wurden sofort angesetzt. Von den Böden behielt ich je eine grössere Probe zurück. Diese wurde in einem Zinkgefäss in einem ziemlich dunkeln Keller aufbewahrt. Im Herbst wählte ich, weil es heute nicht mehr leicht ist, eine grössere Zahl phosphorsäurebedürftiger Böden zu erhalten, zunächst die Böden aus, die sich bei der Untersuchung durch die MITSCHERLICH-Gesellschaft als besonders arm an Phosphorsäure gezeigt hatten. Dazu nahm ich dann, um ein möglichst vielseitiges Material zu erhalten, noch einige mittelmässig mit Phosphorsäure versorgte Böden und einige, die keiner Düngung mit diesem Nährstoff mehr bedurften.

Im ganzen wurden 31 Böden untersucht. Davon ist einer nicht nach der Methode MITSCHERLICH geprüft worden, nämlich Boden Nr. 8. Diese Probe war gleichfalls im Frühjahr 1925, aber zu anderen Zwecken eingesandt und dann irrtümlich mit zur Untersuchung herangezogen worden. 30 von den eingesandten Böden stammten aus Ostpreussen. Eine Ausnahme macht der Boden Nr. 12. Dieser war von Herrn OBERNDORFER, Limbach in Sachsen eingeschickt worden.

Die Böden wurden durch ein 1,5 mm Rundlochsieb abgesiebt. Der Feinboden wurde in einer etwa 2 kg fassenden Pulverflasche mit eingeschliffenem Glasstopfen aufgehoben.

Zunächst erfolgte die Extraktion der Böden mit kohlensäuregesättigtem Wasser. Diese heute nur noch selten verwandte Methode wurde aus folgendem Grunde mit herangezogen:

Nach MITSCHERLICH<sup>1)</sup> bilden "die in kohlensäuregesättigtem Wasser löslichen Nährstoffe das Maximum der unsern Kulturpflanzen zur Verfügung stehenden Salze des Bodens, sofern man, wie es den Anschein hat, die anderen Wurzelauausscheidungen der Pflanze hiergegen vernachlässigen kann." Nach NEUBAUER soll die kleine Bodenmenge von 100 g Boden durch die für sie sehr grosse Zahl von 100 Roggenpflänzchen an aufnehmbaren Nährstoffen völlig erschöpft werden. Aus diesen Erwägungen heraus lag es nahe, die beiden Methoden miteinander zu vergleichen, da eine Übereinstimmung von uns erwartet wurde.

Die Kohlensäureextraktionsmethode<sup>2)</sup> nach MITSCHERLICH bietet den Vorzug, dass man fast alle Faktoren von Anfang des Versuches bis zu seinem Ende bei verschiedenen Böden gleich halten kann. Die Temperatur wird durch einen Thermostaten auf gleicher Höhe gehalten. Durch die ständige Zuführung von CO<sub>2</sub> bleibt auch der Säuregrad von Anfang bis zum Schluss der gleiche. Alle Bodenteilchen werden gleichmässig durch das Rührwerk mit der Flüssigkeit in Berührung gebracht. Ein Nachteil der Extraktion ist, dass sich die gelösten Salze nicht aus der Lösung entfernen lassen.

Zur Extraktion wurden in einer Rührflasche 100 g Boden mit 2 Litern kohlensäuregesättigten Wassers übergossen und bei einer Temperatur von 30° C 8 Stunden lang bei ständiger Zufuhr von CO<sub>2</sub> geführt. Es wurden je 2 Rührflaschen mit demselben Boden beschickt. Nach 8 Stunden wurde die Flüssigkeit durch PUKALLsche Zellen filtriert.

Die Filtrate waren durchweg klar. Die Temperatur wurde auch während des Absaugens auf 30° C gehalten. Es gelang bei fast allen Böden, mehr als 1600 ccm klaren Extrakt zu gewinnen. Nur bei einigen wenigen waren es nur reichlich 1000 ccm.

1) MITSCHERLICH, Bodenkunde S. 192 u. folgende.

2) Landw. Jahrbücher 1907; Bodenkunde, S. 190 u. folgende.

Dann wurden zweimal 800 ccm bzw. 500 ccm abgemessen, mit Salpetersäure angesäuert und getrennt verarbeitet. Nach dem Eindampfen wurde der Rückstand in einer Quarzschale geglüht, mit Königswasser aufgeschlossen und nach MITSCHERLICH<sup>1)</sup> weiter behandelt.

Die Bestimmung der relativen Löslichkeit nach LEMMERMANN wurde in folgender Weise gemacht. Zunächst wurde die Gesamtphosphorsäure nach FISCHER bestimmt<sup>2)</sup>, da mir die Bestimmung der Gesamtphosphorsäure nach LEMMERMANN damals noch nicht bekannt war.

Eine Durchschnittsprobe von 5 g Boden wurde in einer geräumigen Quarzschale mit ca. 50 ccm Königswasser übergossen, anfangs mit einem Uhrgläse bedeckt, bis die Hauptgasentwicklung beendet war, und dann auf dem Wasserbade eingedampft. Der trockene Rückstand wurde zur Zerstörung der Pikrate geglüht und noch einmal mit der gleichen Menge Königswasser eingedampft und getrocknet, die Kieselsäure auf dem Sandbade abgeschieden, dann wurde mit 5 ccm Salpetersäure unter Zugabe von heissem Wasser gelöst und unter Dekantieren mit heissem Wasser gewaschen, schliesslich der ganze Niederschlag aufs Filter gebracht und bis zum vollständigen Verschwinden der sauren Reaktion gewaschen. Das Filtrat auf 25 ccm eingengt und wie oben<sup>3)</sup> weiter behandelt.

Die Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure nach LEMMERMANN hat den Nachteil, dass sich auch hier die Einwirkung der gelösten Salze nicht ausschalten lässt. Die Stärke der Säure ist trotz des Ersatzes der durch den Kalk gebundenen Säure nicht von Anfang bis zum Ende des Ausschüttelns bei allen Böden die gleiche. Die Temperatur lässt sich auch hier nicht so konstant halten wie bei der Rührmethode, doch dürfte die Temperatur bei der Zitronensäure nicht den Einfluss haben wie bei Wasser, das seine Aufnahmefähigkeit für Kohlensäure mit der Temperatur ständig ändert. Ein Vorteil dürfte darin bestehen, dass die Zitronensäure grössere Mengen Phosphorsäure aus dem Boden löst und dadurch die Fehler im Verhältnis zu der gewonnenen Menge nicht so gross werden.

Zum Ausschütteln brachte ich 40 g Boden in eine Flasche des Schüttelapparates und übergoss sie mit 400 ccm 1 %iger Zitronensäure. Je 3 Flaschen wurden mit demselben Boden beschickt. Die durch  $\text{CaCO}_3$  gebundene Zitronensäure ergänzte ich mit pulverisierter Zitronensäure. Dann wurde 6 Stunden geschüttelt, nach 12-stündigem Stehen wieder 2 Stunden geschüttelt und durch ein Faltenfilter klar filtriert. 300 ccm der Lösung wurden mit Salpetersäure angesäuert und zunächst in einem Bechergläse über der Flamme des Bunsenbrenners vorsichtig eingengt. Der Rest in eine Quarzschale überführt und auf dem Sandbade völlig eingedampft und getrocknet. Ein Verspritzen der Flüssigkeit trat auf dem Sandbade nicht ein. Der Rückstand wurde geglüht mit Königswasser übergossen und in der oben angegebenen Weise weiter behandelt.

Da mir kein SCHEIBLERscher Apparat zur Verfügung stand, musste ich den Karbonatgehalt des Bodens im PASSONGschen Apparat bestimmen; dabei konnte nicht, wie es LEMMERMANN<sup>4)</sup> empfiehlt, anstelle der Mineralsäure Zitronensäure verwandt werden. Nach LEMMERMANN<sup>4)</sup> tritt der Endpunkt der Reaktion bei der Verwendung von Zitronensäure erst nach langer Zeit ein (bis zu 24 Stunden). Das Fehlen der Glasspindel, die beim SCHEIBLERschen Apparat die Kohlensäure aufnimmt, macht die Verwendung von Zitronensäure im PASSONGschen Apparat unmöglich, weil die Kohlensäure bald vom Wasser verschluckt werden würde. Es wurden also 20 g Boden in der üblichen Weise mit 5 ccm Salzsäure übergossen und geschüttelt, bis keine Kohlensäure mehr entwich.

1) MITSCHERLICH, Bodenkunde, S. 186.

2) H. FISCHER, "Die Bestimmung der Gesamtphosphorsäure im Boden" Internat. Mittlg. für Bodenkunde 1912 S. 541.

3) siehe MITSCHERLICH, Bodenkunde S. 186.

4) Ungedruckte Mitteilung, die dem Pflanzenbauinstitut der Universität Königsberg von Herrn Prof. Dr. LEMMERMANN freundlichst zur Verfügung gestellt worden war.

Bei der Ausführung der Untersuchungen nach NEUBAUER bin ich auf Grund bisher noch nicht veröffentlichter Versuche von DÜHRING<sup>1)</sup> von der ursprünglichen NEUBAUER-schen Vorschrift<sup>2)</sup> in verschiedenen Punkten abgewichen.

DÜHRING hat gefunden, dass durch das Beizen dem Korn grössere Mengen von Phosphorsäure entzogen werden, und dass ebenfalls durch ein Trocknen auf Filtrierpapier Phosphorsäure verloren geht. Diese Verluste blieben aber nicht bei allen Körnern gleichmässig, sondern waren sehr verschieden. Aus diesem Grunde wurde ein Beizen der Körner und ebenso das Vorkeimen der Körner auf Filtrierpapier unterlassen.

Zunächst wurden 100 g Boden mit 50 g Sand gemengt. Dann wurden sie auf Vorschlag von DÜHRING mit 20 ccm einer Nährlösung von 10 g Ammonnitrat und 10 g Kaliumsulfat auf 2000 ccm Wasser, angefeuchtet, sodass auf jedes Gefäss eine Düngung von 0,1 g  $K_2SO_4$  und 0,1 g  $NH_4NO_3$  kam. DÜHRING hat durch eine Düngung von Kali und Stickstoff eine Steigerung der Phosphorsäureaufnahme aus dem Boden erreicht. Ich habe es in einem von mir nachgeprüften Falle und zwar bei dem Boden 10 "Quanditten 1" bestätigt gefunden. Gedüngt erzielte ich 5,59 mg  $P_2O_5$  gegen 1,1 mg  $P_2O_5$  ungedüngt. Dieser Boden, der zufällig herausgegriffen ist, dürfte allerdings ein Extrem darstellen.

Die zur Düngung verwandten Nährstoffmengen an Kali und Stickstoff dürften mit 0,1 g Ammonnitrat und 0,1 g Kaliumsulfat pro Gefäss wohl so hoch angesetzt sein, dass schon im Boden vorhandene Mengen von Kali oder Stickstoff den Versuch nicht mehr beeinträchtigen können. Nach dem Mischen mit der Nährlösung zeigte der Boden eine gute Krümelstruktur. Darüber wurden 200 g Hohenbockaer Glassand angefeuchtet geschichtet. Dann wurden die Körner darauf gestreut, mit der Pincette gut verteilt und in dem Sande leicht angedrückt. Das Andrücken der Körner mit der Pincette scheint mir bei einigen neueren Arbeiten als unnötig unterlassen zu sein. Ich habe bei meinen Versuchen die Erfahrung gemacht, dass dadurch ein schnelleres, besseres und gleichmässigeres Keimen erreicht wird.

Dann wurden die Körner mit 50 g angefeuchtetem Glassand zugedeckt und das im Gefäss vorhandene Wasser aufgefüllt, sodass sich in dem Gefäss, einschliesslich der Nährlösung ausser dem im Boden bereits vorhandenen Wasser 80 ccm Wasser befanden.

Der blinde Versuch wurde ebenso behandelt, er erhielt auch eine Düngung von 20 ccm der oben angegebenen Lösung und wurde zweimal in vierfacher Wiederholung angesetzt. Ebenso wurden bei allen Böden 4 Parallelversuche angestellt, bis auf 2. Von diesen war infolge der vorangegangenen anderen Untersuchungen nicht mehr genug Material übrig. Von dem Boden 11 "Rippen 9" sind nur 2, von dem Boden 13 "Baranowen 3" nur 3 Wiederholungen angesetzt worden. Das Gewicht der verwandten Roggenkörner schwankte zwischen 3,547 und 3,740 g.

Die Gefässe wurden in einem Gewächshause aufgestellt. Bei den im Juli dort herrschenden hohen Temperaturen keimten die ersten Versuche schnell, nach 5 Tagen mussten die Glasdeckel von den Gefässen entfernt werden. Die späteren Versuche brauchten etwa 2 Tage länger. Nach dem Abdecken wurden die jungen Pflänzchen durch einen dünnen Gaseschirm vor der direkten Sonnenbestrahlung geschützt. Trotzdem steigerte sich die Verdunstung sehr schnell und machte bald ein dreimaliges Glessen am Tage erforderlich. Die in 24 Stunden verdunstete Wassermenge betrug im Durchschnitt etwas mehr als 100 ccm, mit Ausnahme des blinden Versuches, der etwa nur die Hälfte des Wassers verbrauchte.

Auf einigen Gefässen zeigten sich bald nach dem Entfernen der Glasdeckel an einigen Pflänzchen 1-3 cm unterhalb der Blattspitze gelbe Flecke, die langsam grösser wurden, das Blatt knickte an der Stelle durch. Das obere Ende wurde ganz abgeschnürt und starb ab, während sich das Pflänzchen sonst normal weiter entwickelte. Gegen Ende der Versuchszeit schienen die Pflänzchen die Krankheit ganz über-

1) Herr Dr. DÜHRING (Assistent am Pflanzenbauinstitut der Universität Königsberg) hat mir diese Resultate aus seinen Arbeiten freundlichst zur Verfügung gestellt.

2) Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung 1923 A. S. 329 - 362.

wunden zu haben, doch zeigten sie meistens bei der Analyse eine starke Beeinträchtigung der Phosphorsäureaufnahme, sodass diese Gefässe als unsichere Beobachtungen ausgeschaltet werden mussten. So wurden bei Boden 4 "Quanditten 3" und 5 "Metgethen 5" je 2 Gefässe ausgeschaltet.

Der Grund für diese Erkrankung ist mir bis heute noch unbekannt. Eine mikroskopische Untersuchung blieb ohne Erfolg.

Bei dem Boden 12 wurden 2 Tage vor der Ernte die Pflänzchen auf 2 Gefässen Nr. 44 und 47 schlaff und fielen um. Die beiden anderen Parallelversuche desselben Bodens zeigten am Tage der Ernte auch Neigung zum Schlaffwerden. Dieselbe Erscheinung hatte sich schon bei Versuchen, die ich im Herbst 1925 mit demselben Boden ansetzte, gezeigt. Die beiden Gefässe, auf denen die Pflänzchen umfielen, hatten bis dahin etwas mehr Wasser verdunstet. Ich nehme an, dass das Absterben der Pflänzchen durch eine schädliche Bodenreaktion herbeigeführt wurde. Auf den Gefässen 44 und 47 hatten sich die Pflänzchen etwas schneller entwickelt als auf den beiden andern, und daher war die Schädigung etwas schneller zutage getreten. Beim Auswaschen zeigten die Wurzeln bei allen 4 Gefässen an einigen Stellen eine ungewöhnliche ziemlich dunkelbraune Färbung. Die Versuche 44 und 47 wurden auch, da die Phosphorsäuremengen erheblich geringer waren als auf 45 und 46, als unsichere Beobachtungen ausgeschlossen.

Infolge der Stickstoff- und Kalidüngung zeigte sich kein Ausserlich an der Höhe der Pflänzchen erkennbarer Unterschied zwischen ärmeren und reicheren Böden, wie es bei ungedüngten Versuchen infolge des Stickstoffmangels der Fall zu sein pflegt.

Bei den im August angesetzten Versuchen waren die verdunsteten Wassermengen wegen der nicht mehr so hohen Temperaturen geringer. Ein ein- bis zweimaliges Giessen genügte. In 24 Stunden wurden etwa 50-70 ccm Wasser verdunstet. Gegen Ende August konnte auch der Gaseschirm entfernt werden, da eine Schädigung durch zu starke Sonnenbestrahlung nicht mehr zu befürchten war.

Am 18. Tage wurden die Versuche geerntet. Die ganze Pflanzenmasse wurde mit dem Boden aus dem Gefäss genommen und die Halme gezählt. Dann wurde auf einem 1,5 mm Sieb der Boden und Sand aus den Wurzeln mit Leitungswasser ausgewaschen, mit destilliertem Wasser nachgespült und die Pflanzen in ein grosses Becherglas getan. Ein Zerschneiden der Pflänzchen, wie es NEUBAUER vorschreibt<sup>1)</sup>, wurde wegen der dadurch möglichen Verluste unterlassen.

Bei meinen Versuchen im Jahre 1925 wurden die Ernten, die nicht sofort verascht werden konnten, in emaillierten Blechschälchen aufgehoben, die mit etwas Filtrierpapier ausgelegt waren. Damit sich nicht Schimmel bildete, wurden die Pflänzchen bei niederen Temperaturen im Trockenschrank vorsichtig getrocknet. Auf dem Filtrierpapier zeigten sich gelblich-braune bis grüne Ränder. Eine Untersuchung des Filtrierpapiers ergab, dass grössere Mengen Phosphorsäure in das Papier übergegangen waren.

Da sich die Phosphorsäure so leicht aus den jungen Pflänzchen herausziehen liess, versuchte DÜHRING mit Salpetersäure die ganze Phosphorsäure aus den Pflänzchen auszu ziehen. Es gelang fast vollständig. Der nicht gelöste Rückstand zeigte nur noch geringe Spuren von Phosphorsäure.

Nach DÜHRING gestaltet sich die weitere Verarbeitung der gewaschenen Pflänzchen also folgendermassen: Die Pflänzchen werden in dem geräumigen Becherglase mit Salpetersäure übergossen und auf einem Drahtnetz über der Bunsenflamme gekocht, bis sie sich in einen graugelben Brei aufgelöst haben. Nach dem Abkühlen wird durch ein aschenarmes Filter in einen 200 ccm Messkolben filtriert. Der Inhalt des Becherglases wird quantitativ auf das Filter gebracht. Das Filter und der Rückstand werden mit destilliertem Wasser gewaschen. Ist die Säure konzentriert genug und die Kochdauer ausreichend lange, dann bleibt nicht viel Rückstand auf dem Filter zurück. Das ausgewaschene Filter wird mit dem Rückstand zum Veraschen in eine Quarzschale gebracht.

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung 1923 A. S. 329 - 362.

| Nr. | Name         | CO <sub>2</sub> lösliche P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>mg in 100 g Boden | Neubauer P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>mg in 100 g Boden | % CaCO <sub>3</sub> |
|-----|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1   | Ballau 1     | 1,86 ± 0,05                                                                 | 15,01 ± 0,38                                                | 0,42                |
| 2   | Popelken     | 0,48 ± 0,06                                                                 | 7,02 ± 0,19                                                 | 0,015               |
| 3   | Oberalkehnen | 0,60 ± 0,09                                                                 | 8,53 ± 0,63                                                 | 0,00                |
| 4   | Quanditten 3 | 0,38 ± 0,03                                                                 | 9,07 ± 0,10                                                 | 0,015               |
| 5   | Metgethen 5  | 0,33 ± 0,01                                                                 | 7,42 ± 0,34                                                 | 0,015               |
| 6   | Rippen 1     | 0,49 ± 0,01                                                                 | 2,54 ± 0,20                                                 | 0,01                |
| 7   | Wolfsdorf    | 0,63 ± 0,005                                                                | 6,39 ± 0,015                                                | 0,20                |
| 8   | Augstupönen  | 1,18 ± 0,04                                                                 | 8,06 ± 0,01                                                 | 0,25                |
| 9   | Wicken 11    | 5,12 ± 0,05                                                                 | 22,32 ± 0,03                                                | 0,08                |
| 10  | Quanditten 1 | 0,66 ± 0,03                                                                 | 5,59 ± 0,14                                                 | 0,05                |
| 11  | Rippen 9     | 0,98 ± 0,01                                                                 | 12,61 ± 1,65                                                | 0,00                |
| 12  | Limbach      | 1,00 ± 0,07                                                                 | 10,76 ± 0,56                                                | 0,07                |
| 13  | Baranowen 3  | 0,83 ± 0,05                                                                 | 5,47 ± 0,13                                                 | 0,42                |
| 14  | Wicken 5     | 0,51 ± 0,02                                                                 | 2,44 ± 0,25                                                 | 0,02                |
| 15  | Ballau 2     | 0,61 ± 0,07                                                                 | 3,69 ± 0,27                                                 | 0,40                |
| 16  | Metgethen 2  | 1,05 ± 0,005                                                                | 14,86 ± 0,00                                                | 0,00                |
| 17  | Leopoldshof  | 1,48 ± 0,05                                                                 | 13,79 ± 0,22                                                | 0,05                |
| 18  | Liesken 9    | 4,00 ± 0,05                                                                 | 14,63 ± 0,26                                                | 0,22                |
| 19  | Bollendorf   | 3,77 ± 0,15                                                                 | 15,81 ± 0,20                                                | 0,00                |
| 20  | Frauenmark   | 1,57 ± 0,10                                                                 | 6,96 ± 0,25                                                 | 0,00                |
| 21  | Pilzen       | 1,17 ± 0,005                                                                | 3,74 ± 0,27                                                 | 0,02                |
| 22  | Raudischken  | 2,11 ± 0,09                                                                 | 6,00 ± 0,46                                                 | 0,02                |
| 23  | Rippen 2     | 4,40 ± 0,18                                                                 | 16,81 ± 0,91                                                | 0,01                |
| 24  | Wangritten 4 | 1,48 ± 0,06                                                                 | 12,04 ± 0,32                                                | 0,00                |
| 25  | Schreinen    | 3,02 ± 0,005                                                                | 10,47 ± 0,32                                                | 0,02                |
| 26  | Pr. Arnau    | 1,13 ± 0,09                                                                 | 11,06 ± 0,13                                                | 0,05                |
| 27  | Liesken 3    | 0,72 ± 0,00                                                                 | 14,65 ± 0,21                                                | 0,03                |
| 28  | Willkühnen   | 2,30 ± 0,05                                                                 | 14,63 ± 0,40                                                | 0,01                |
| 29  | Trimmau      | 10,59 ± 0,17                                                                | 5,98 ± 0,19                                                 | 1,66                |
| 30  | Baranowen 1  | 1,57 ± 0,09                                                                 | 8,44 ± 1,29                                                 | 0,37                |
| 31  | Junkerken    | 2,82 ± 0,01                                                                 | 11,82 ± 0,05                                                | 0,02                |

| Gesamt P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>mg in 100 g Boden | Zitronensäurelösliche<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg in 100 g Boden | %<br>Löslichkeit | Gefäßversuch mg<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in 100 g Boden |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 109,7 ± 3,3                                               | 27,29 ± 0,25                                                             | 24,83 %          | 31,26                                                           |
| 74,21 ± 0,09                                              | 12,29 ± 0,05                                                             | 16,6 %           | 12,59                                                           |
| 114,0 ± 1,07                                              | 23,05 ± 0,17                                                             | 20,28 %          | 23,07                                                           |
| 109,00 ± 0,4                                              | 17,85 ± 0,63                                                             | 16,44 %          | 17,35                                                           |
| 133,65 ± 1,25                                             | 31,05 ± 0,50                                                             | 23,01 %          | 27,16                                                           |
| 101,06 ± 2,00                                             | 11,89 ± 0,22                                                             | 11,59 %          | 8,91                                                            |
| 80,42 ± 1,05                                              | 13,12 ± 0,25                                                             | 16,23 %          | 7,72                                                            |
| 81,66 ± 0,00                                              | 20,94 ± 0,34                                                             | 25,59 %          | nicht untersucht                                                |
| 116,90 ± 0,00                                             | 37,84 ± 0,25                                                             | 32,28 %          | 57,15                                                           |
| 73,5 ± 3,6                                                | 8,82 ± 0,41                                                              | 11,99 %          | 17,26                                                           |
| 112,8 ± 3,6                                               | 16,01 ± 0,06                                                             | 14,16 %          | 13,96                                                           |
| 128,4 ± 3,4                                               | 20,28 ± 0,25                                                             | 15,85 %          | 32,89                                                           |
| 58,41 ± 0,20                                              | 16,33 ± 0,11                                                             | 27,93 %          | 6,80                                                            |
| 95,98 ± 3,62                                              | 19,01 ± 0,00                                                             | 19,82 %          | 26,92                                                           |
| 107,42 ± 5,61                                             | 15,13 ± 0,13                                                             | 14,09 %          | 10,30                                                           |
| 128,1 ± 0,7                                               | 32,86 ± 0,06                                                             | 13,84 %          | 35,56                                                           |
| 105,5 ± 2,05                                              | 18,62 ± 0,00                                                             | 17,54 %          | 29,24                                                           |
| 93,44 ± 1,61                                              | 32,99 ± 0,13                                                             | 35,32 %          | 35,56                                                           |
| 144,7 ± 4,1                                               | 41,45 ± 0,05                                                             | 28,64 %          | 79,98                                                           |
| 129,9 ± 2,8                                               | 20,28 ± 0,00                                                             | 15,64 %          | 17,78                                                           |
| 81,78 ± 2,16                                              | 11,14 ± 0,15                                                             | 13,58 %          | 11,67                                                           |
| 96,98 ± 1,20                                              | 27,90 ± 0,18                                                             | 28,77 %          | 31,12                                                           |
| 140,3 ± 2,1                                               | 36,87 ± 0,58                                                             | 26,36 %          | 70,31                                                           |
| 87,90 ± 0,00                                              | 20,10 ± 0,18                                                             | 22,86 %          | 23,17                                                           |
| 133,8 ± 2,3                                               | 41,52 ± 1,25                                                             | 30,97 %          | 51,76                                                           |
| 173,4 ± 0,4                                               | 39,54 ± 0,00                                                             | 22,59 %          | 32,36                                                           |
| 75,86 ± 0,00                                              | 21,98 ± 0,25                                                             | 28,55 %          | 19,01                                                           |
| 157,1 ± 0,7                                               | 32,33 ± 0,71                                                             | 20,62 %          | 28,64                                                           |
| 140,1 ± 0,5                                               | 76,30 ± 1,66                                                             | 54,45 %          | 85,11                                                           |
| 71,54 ± 0,24                                              | 20,54 ± 0,12                                                             | 28,05 %          | 14,79                                                           |
| 77,35 ± 0,45                                              | 16,66 ± 0,40                                                             | 21,59 %          | 21,18                                                           |

Das verkohlte Filter wird in der Quarzschale mit einem Glaspistill zerkleinert. Etwa an dem Glaspistill haftende Asche wird sorgfältig mit einem sauberen Pinselchen entfernt. Dann wird mit Ammonnitrat-Lösung eingedampft. Es genügt dann gewöhnlich zur vollständigen Veraschung ein einmaliges Glühen. Die Asche wird einmal mit 5 ccm Königswasser angefeuchtet und auf dem Sandbade eingedampft. Dann wird mit 5 ccm Salpetersäure aufgenommen und die Lösung quantitativ in denselben 200 ccm Messkolben filtriert. Nach dem Erkalten wird der Messkolben mit destilliertem Wasser aufgefüllt.

Von dieser gut umgeschüttelten Flüssigkeit werden 25 ccm in einer Quarzschale auf dem Sandbade eingetrocknet. Der schwarze Rückstand auf dem Boden der Quarzschale lässt sich leicht veraschen. Die Asche wird mit Königswasser auf dem Sandbade eingedampft, die Kieselsäure abgeschieden. Dann wird mit 5 ccm Salpetersäure aufgenommen, in ein Becherglas filtriert, und die Phosphorsäure wie oben bestimmt.

Diese Form der Verarbeitung dürfte wohl etwas mehr Zeit in Anspruch nehmen, sie hat aber den grossen Vorteil, dass das langwierige und schwierige direkte Veraschen der Pflanzenmasse, bei dem sehr leicht Verluste entstehen, wegfällt. Bei dem Veraschen des Filters mit dem Rückstande dürfte wohl kaum ein Verlust an Phosphorsäure eintreten, da in der ganzen Masse nur noch sehr geringe Phosphorsäuremengen vorhanden sind.

Da die Durchführung der Gefässversuche wohl hinreichend bekannt sein dürfte, verweise ich an dieser Stelle nur auf "Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens"<sup>1)</sup> und andere Veröffentlichungen von MITSCHERLICH.

Ich möchte gleich auf die Ergebnisse der Versuche eingehen. Die Haupttabelle gibt zunächst eine allgemeine Übersicht über die Versuche. Die Werte sind alle auf mg  $P_2O_5$  in 100 g Trockenboden umgerechnet.

In Tabelle 1 ist die relative Löslichkeit der Phosphorsäure mit den nach MITSCHERLICH errechneten Werten verglichen. Um den Vergleich zu erleichtern, sind die Böden, bei denen nach MITSCHERLICH nur die in der Ernte entnommene Phosphorsäuremenge zu ersetzen ist, oder die keiner Düngung mehr bedürfen, mit + Zeichen versehen. Die übrigen haben - Zeichen. Ebenso sind in der letzten Spalte alle Böden, die nach LEMMERMANN genug Phosphorsäure in aufnehmbarer Form besitzen, mit + Zeichen versehen, die anderen mit - Zeichen. Das Verhältnis der gefundenen Werte schwankt zwischen 2 : 1 und 3 : 8. Am nächsten liegen die Werte bei den Böden 2, 3, 4, 21, 16. Das Verhältnis ist nahezu 1 : 1. Nicht allzuweit voneinander fallen auch die Werte der Böden 24 = 6 : 5; 18 = 6 : 6; 29 = 8 : 7; 22 = 10 : 9; 1 = 10 : 9. Dann 5 = 9 : 10; 20 = 9 : 10; 26 = 7 : 8; 28 = 7 : 8; 27 = 6 : 7. Die grössten Unterschiede zeigen die Böden 10 wie 2 : 1; 19 wie 2 : 1 und 23 wie 2 : 1. Dann 7 wie 1 : 2 und 18 wie 3 : 8. Die Verhältniszahlen sind nicht genau errechnet. Sie sollen nur die Übersicht etwas erleichtern.

Im allgemeinen scheint es so, als wenn bei den armen Böden nach LEMMERMANN etwas grössere Werte als nach MITSCHERLICH gefunden werden. Eine Ausnahme macht hier der Boden 10, bei dem nach MITSCHERLICH etwa die doppelte Menge errechnet wurde. Bei den Böden 11, 6, 30, 15, 7 und 13 liegen die nach dem Gefässversuch errechneten Werte durchweg niedriger, ebenso bei Boden 20. Die Böden 2, 3, 4 und 21 zeigen etwa die gleichen Zahlen. 19, 23, 14, 12, 9, 17, 31, 25, 24, 18, 29, 22, 1 und 16 sind reichere Böden. Die nach MITSCHERLICH errechneten Zahlen sind grösser als die im zitronensauren Auszug gefundenen Mengen. Eine Ausnahme machen die Böden 26, 27, 28. Sie zeigen etwas geringere Werte.

Wenn auch die Zahlen, wie aus dem Vergleich hervorgeht, nicht ganz regellos durcheinander liegen, lässt sich doch eine gesetzmässige Abhängigkeit der Werte voneinander nicht finden. - Die Auslegung der Ergebnisse beider Methoden ergibt folgendes: Arm an Phosphorsäure oder wenigstens düngerbedürftig sind nach MITSCHERLICH die Böden 10, 2, 3, 4, 21, 20, 11, 6, 30, 15, 7 und 13. Ebenso müssen wohl auch die nach LEMMERMANN gefundenen Zahlen ausgelegt werden. In folgenden Fällen ist nach

1). PAREY, Berlin 1925.

MITSCHERLICH nur die in der Ernte entnommene Phosphorsäure zu ersetzen, oder die Böden bedürfen vorläufig keiner Phosphorsäuredüngung: 19, 23, 14, 12, 9, 17, 31, 25, 24, 18, 29, 22, 1, 16, 5, 26, 28, 27. Abweichungen hiervon zeigt m.E. die Zitronensäuremethode in folgenden Fällen: 14, 12, 17, 31, 24. In diesen Fällen wäre nach der Schnellmethode noch eine Phosphorsäuredüngung nötig. Nach dem Gefässversuch wäre im Falle 14, 17, 31 und 24 nur die in der Ernte entnommene Phosphorsäure zu ersetzen. Der Unterschied ist also nicht gross.

Der Boden 12 bedarf keiner Düngung. Nach LEMMERMANN wäre hier eine Phosphorsäuredüngung noch gerade angebracht. LEMMERMANN sagt über die Auswertung der gefundenen Zahlen: "Auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen nehmen wir an, dass ein Boden, der mehr als 25 mg zitronensäurelösliche Phosphorsäure in 100 g Boden besitzt, nicht phosphorsäurebedürftig ist, zumal, wenn der Grad der relativen Löslichkeit grösser als 25 % ist. Zahlenwerte an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure zwischen 20 und 25 mg sind unsicher."<sup>1)</sup>

Der Boden 12 fällt also mit 20,28 mg zitronensäurelöslicher Phosphorsäure unter die von LEMMERMANN als unsicher angegebenen Zahlenwerte.

Das Ergebnis dieses Vergleichs ist folgendes: in 25 von 30 Fällen wurde eine qualitative Übereinstimmung zwischen beiden Methoden gefunden. Der Phosphorsäuremangel liess sich in allen Böden durch die Bestimmung der relativen Löslichkeit einwandfrei nachweisen. In 5 von 30 Untersuchungen fand sich keine Übereinstimmung, in 4 Fällen ist der Unterschied nicht gross. Das Resultat dürfte sich hier noch günstiger gestalten, wenn die Böden, denen die in der Ernte entzogene Phosphorsäure zurückgegeben werden muss, gleichfalls unter die düngerbedürftigen gerechnet werden. Die von mir vorgenommene Einordnung ist willkürlich. Eine völlige Übereinstimmung liesse sich auch durch diese Anordnung der Böden nicht erreichen. Beim Boden 12 ist der Unterschied am grössten. Der Boden hat genug Phosphorsäure, sodass eine Düngung vorläufig unterlassen werden kann. Trotzdem löste die Zitronensäure nicht genügende Mengen  $P_2O_5$ .

Den Vergleich zwischen der Methode NEUBAUER und dem Gefässversuch möchte ich in ähnlicher Weise vornehmen, obgleich NEUBAUER den Gefässversuch ebenso wie den Feldversuch für ungeeignet hält, seine Methode nachzuprüfen. Leider ist mir keine Arbeit NEUBAUERS bekannt geworden, in der er genauer auf dies Thema eingeht. Die wenigen kurzen Bemerkungen, die mir auch unzutreffend erscheinen, z.B. die in seiner bekannten Arbeit in der Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung A Jahrg. 1923 S. 329, können meiner Ansicht nach nicht als Beweis für die Unzulänglichkeit des Gefässversuchs angesehen werden.

NEUBAUER schreibt zwar in der Illustrierten Landwirtschaftlichen Zeitung 1925 Stück 15 von Versuchen, mit deren Hilfe die Keimpflanzenmethode ausgebaut werden misste, leider sind genauere Angaben über die Art dieser Versuche meines Wissens noch nicht bekannt.

Da ich also keinen anderen Masstab für die Nachprüfung habe, und weil ich glaube, dass sich das Düngerbedürfnis eines Bodens durch den Gefässversuch nach MITSCHERLICH einwandfrei bestimmen lässt, führe ich den Vergleich in der vorigen Form weiter.

Das Verhältnis der Zahlen schwankt etwa zwischen 14 : 1 und 1 : 1. Die mittels der Keimpflanzenmethode gefundenen Werte sind durchweg kleiner als die nach MITSCHERLICH errechneten. Am häufigsten zeigt sich das Verhältnis von 3 : 1 und zwar bei den Böden 20, 21, 26, 10, 12, 15 und 16. Am nächsten liegen sich die Werte bei dem Boden 11 mit 13,96 mg nach MITSCHERLICH zu 12,61 mg nach NEUBAUER.

Bei der Auswertung der Ergebnisse möchte ich von den von NEUBAUER angegebenen Zahlen abweichen, weil ich eine Kali- und Stickstoffdüngung verabfolgte, durch welche auch höhere Phosphorsäureausbeuten erzielt werden. Da eine Erhöhung der Grenzzahl notwendig ist, werde ich einen Boden erst als genügend mit Phosphorsäure

<sup>1)</sup> Dieselbe nicht gedruckte Mitteilung an das Pflanzenbauinstitut der Universität Königsberg wie oben.

Tabelle I.

| Nr. | Gefäßversuch | Lennermann | %<br>Löslichkeit | Verhältnis | Gefäßversuch   | Lennermann |
|-----|--------------|------------|------------------|------------|----------------|------------|
| 10  | 17,26        | 8,82       | 11,99 %          | 2 : 1      | - arm          | -          |
| 19  | 79,98        | 41,45      | 28,64 %          | 2 : 1      | + nicht düngen | +          |
| 23  | 70,31        | 36,87      | 26,56 %          | 2 : 1      | + nicht düngen | +          |
| 14  | 26,92        | 19,01      | 19,82 %          | 3 : 2      | + ersetzen     | -          |
| 12  | 32,89        | 20,28      | 15,85 %          | 3 : 2      | + nicht düngen | +          |
| 9   | 57,15        | 37,84      | 32,28 %          | 3 : 2      | + nicht düngen | +          |
| 17  | 29,24        | 18,62      | 17,54 %          | 3 : 2      | + ersetzen     | -          |
| 31  | 21,18        | 16,66      | 21,58 %          | 4 : 3      | + ersetzen     | -          |
| 25  | 51,76        | 41,52      | 30,97 %          | 5 : 4      | + nicht düngen | +          |
| 24  | 23,17        | 20,10      | 22,86 %          | 6 : 5      | + ersetzen     | -          |
| 18  | 35,56        | 32,99      | 35,32 %          | 6 : 5      | + nicht düngen | +          |
| 29  | 85,11        | 76,30      | 54,45 %          | 8 : 7      | + nicht düngen | +          |
| 22  | 31,12        | 27,90      | 28,77 %          | 10 : 9     | + nicht düngen | +          |
| 1   | 31,26        | 27,29      | 24,83 %          | 10 : 9     | + nicht düngen | +          |
| 2   | 12,59        | 12,29      | 16,6 %           | 1 : 1      | - sehr arm     | -          |
| 3   | 23,07        | 23,05      | 20,28 %          | 1 : 1      | - düngen       | -          |
| 4   | 17,35        | 17,85      | 16,44 %          | 1 : 1      | - düngen       | -          |
| 21  | 11,67        | 11,14      | 13,58 %          | 1 : 1      | - sehr arm     | -          |
| 16  | 35,56        | 32,86      | 13,84 %          | 1 : 1      | + nicht düngen | +          |
| 5   | 27,16        | 31,05      | 23,01 %          | 9 : 10     | + ersetzen     | +          |
| 20  | 17,78        | 20,28      | 15,64 %          | 9 : 10     | - düngen       | -          |
| 26  | 32,36        | 39,54      | 22,59 %          | 7 : 8      | + nicht düngen | +          |
| 28  | 28,64        | 32,33      | 20,62 %          | 7 : 8      | + nicht düngen | +          |
| 27  | 19,01        | 21,98      | 26,55 %          | 6 : 7      | + ersetzen     | +          |
| 11  | 13,96        | 16,01      | 14,16 %          | 4 : 5      | - arm          | -          |
| 6   | 8,91         | 11,69      | 11,59 %          | 3 : 4      | - sehr arm     | -          |
| 30  | 14,79        | 20,54      | 28,05 %          | 3 : 4      | - arm          | -          |
| 15  | 10,30        | 15,13      | 14,09 %          | 2 : 3      | - sehr arm     | -          |
| 7   | 7,72         | 13,12      | 16,28 %          | 1 : 2      | - sehr arm     | -          |
| 13  | 6,80         | 16,33      | 27,93 %          | 3 : 8      | - sehr arm     | -          |

Tabelle II.

| Nr. | Gefäßversuch | Neubauer | Verhältnis | Gefäßversuch | Neubauer |
|-----|--------------|----------|------------|--------------|----------|
| 29  | 85,11        | 5,98     | 14 : 1     | + nicht      | -        |
| 14  | 26,92        | 2,44     | 11 : 1     | + ersetzen   | -        |
| 19  | 79,98        | 15,81    | 5 : 1      | + nicht      | +        |
| 22  | 31,12        | 6,00     | 5 : 1      | + nicht      | -        |
| 25  | 51,76        | 10,47    | 5 : 1      | + nicht      | +        |
| 23  | 70,31        | 16,81    | 4 : 1      | + nicht      | +        |
| 6   | 8,91         | 2,54     | 4 : 1      | - sehr arm   | -        |
| 5   | 27,16        | 7,42     | 4 : 1      | + ersetzen   | -        |
| 20  | 17,78        | 6,96     | 3 : 1      | - düngen     | -        |
| 21  | 11,67        | 3,74     | 3 : 1      | - sehr arm   | -        |
| 26  | 32,36        | 11,06    | 3 : 1      | + nicht      | +        |
| 10  | 17,26        | 5,59     | 3 : 1      | - düngen     | -        |
| 12  | 32,89        | 10,76    | 3 : 1      | + nicht      | +        |
| 15  | 10,30        | 3,69     | 3 : 1      | - sehr arm   | -        |
| 16  | 35,56        | 14,86    | 3 : 1      | + nicht      | +        |
| 17  | 29,24        | 13,79    | 5 : 2      | + ersetzen   | +        |
| 18  | 35,56        | 14,63    | 5 : 2      | + nicht      | +        |
| 9   | 57,15        | 22,32    | 5 : 2      | + nicht      | +        |
| 2   | 12,59        | 7,02     | 2 : 1      | - arm        | -        |
| 28  | 28,64        | 14,63    | 2 : 1      | + nicht      | +        |
| 24  | 23,17        | 12,04    | 2 : 1      | + ersetzen   | +        |
| 4   | 17,56        | 9,07     | 2 : 1      | - düngen     | ±        |
| 30  | 14,79        | 8,44     | 7 : 4      | - arm        | ±        |
| 31  | 21,18        | 11,82    | 7 : 4      | + ersetzen   | +        |
| 3   | 23,07        | 8,54     | 3 : 2      | - düngen     | ±        |
| 1   | 31,26        | 15,01    | 4 : 3      | + nicht      | +        |
| 13  | 6,80         | 5,47     | 6 : 5      | - sehr arm   | -        |
| 27  | 19,01        | 14,65    | 6 : 5      | + ersetzen   | +        |
| 7   | 7,72         | 6,39     | 7 : 6      | - sehr arm   | -        |
| 11  | 13,96        | 12,61    | 1 : 1      | - arm        | +        |

versorgt angegeben, wenn er mindestens 10 mg  $P_2O_5$  in 100 g Trockenboden besitzt.

In allen Fällen, in denen sich eine andere Bewertung auf Grund der unveränderten Grenzzahl ergeben hätte, habe ich die Böden mit + und - Zeichen versehen.

Ich bin mir wohl bewusst, dass dieses willkürliche Ändern der Grenzzahl, wie es

auch schon RÖMER<sup>1)</sup> getan hat, eine sehr zweifelhafte Massnahme ist. Da aber, wie aus dem Zahlenverhältnis hervorgeht, zwischen den gefundenen Werten weder eine Übereinstimmung noch auch eine annähernde Proportionalität zu finden war, wollte ich prüfen, ob sich auf diesem Wege wenigstens eine qualitative Übereinstimmung finden liesse.

Bei den Böden 19, 25, 23, 26, 12, 16, 17, 18, 9, 28, 24, 31, 1 und 27 ist nach MITSCHERLICH nur die in der Ernte entnommene Phosphorsäure zurückzugeben, oder eine Düngung ist vorläufig nicht nötig. Ebenso ist eine Phosphorsäuredüngung nach NEUBAUER nicht nötig. Die Böden 6, 20, 21, 10, 15, 2, 4!, 30!, 31, 13 und 7 sind entweder sehr arm an Phosphorsäure oder bedürfen wenigstens einer Düngung. Die Methode NEUBAUER ergab dieselben Ergebnisse. In den Fällen 29, 14, 22, 5 und 11 findet sich keine Übereinstimmung. Im Falle 5 ist die Unstimmigkeit nicht gross. Nach MITSCHERLICH wäre die in der Ernte entzogene Phosphorsäure dem Boden zurückzugeben. Nach NEUBAUER bedarf er einer Düngung. Die Resultate bei Nr. 29, 14 und 22 würde ich als falsch bezeichnen. Wie aus den Ergebnissen des Gefässversuchs hervorgeht, haben die Böden recht grosse Phosphorsäuremengen, sie bedürfen aber nach NEUBAUER der Düngung.

Boden 29 zeigt den grössten Unterschied zwischen den gefundenen Zahlen 5,98 mg zu 85,11 mg. Er ist der kalkreichste von allen Böden. Der Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  beträgt 1,66 %. Sollte hier der NEUBAUER-Versuch so ungünstig durch den hohen Kalkgehalt beeinflusst werden? Versuche hierüber sind meines Wissens noch nicht angestellt worden. Dieser eine Befund lässt noch keinen sicheren Schluss zu.

Beim Boden 11 ist nicht einmal der Phosphorsäuremangel mittels der Methode NEUBAUER gefunden worden. Allerdings sind gerade bei diesem Boden nur zwei Parallelversuche gemacht worden, sodass die Fehlerwahrscheinlichkeit erheblich grösser ist.

In 25 von 30 Fällen fand sich also, wenn man 10 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  als Grenzzahl annimmt, eine Übereinstimmung. In 5 Fällen wurde keine Übereinstimmung gefunden.

NEUBAUER scheint eine Übereinstimmung in 25 von 30 Fällen oder 23% Treffer für ausreichend zu halten. Ich gebe hier seine eigenen Worte wieder<sup>2)</sup>: "Wenn aber von 16 Versuchen solcher Art alle bis auf 2 oder 3 stimmen, kann man sich wirklich zufrieden geben, und wenn meine Gegner sagen, ihnen sei noch keine Versuchsreihe bekannt, die eine ausreichende Übereinstimmung erkennen lässt, so kann ich ihnen antworten, seht das Gute liegt so nah! Ich mache ferner auf die Versuche von RÖMER, Hallo aufmerksam, der beim Vergleich mit Feldversuchen in den Jahren 1924 und 1925 87 % Treffer bei der Phosphorsäure hatte."

Ein Vergleich zwischen dem Gefässversuch und dem kohlensauren Bodenauszug, wie ihn Tabelle 3 zeigt, ergibt, dass auch hier die Werte einander weder gleich noch proportional sind. Das Verhältnis der Werte schwankt von 81 : 1 bis 7 : 1. In extremen Fällen würde sich wohl auch hier eine gewisse Übereinstimmung finden lassen. Das kohlensäuregesättigte Wasser scheint im allgemeinen ebenso wie die Zitronensäure aus den armen Böden verhältnismässig mehr Phosphorsäure zu lösen als aus den reichen. Die mittels der Analyse gefundenen Werte liegen in allen Fällen erheblich niedriger als die nach den Gefässversuchen errechneten.

Tabelle 4 zeigt, dass auch zwischen den nach LEMMERMANN und den nach NEUBAUER gefundenen Werten keine nähere Übereinstimmung besteht. Die Werte aus den Versuchen mit der Keimpflanzenmethode sind kleiner als die des zitronensauren Auszuges. Das Verhältnis der Zahlen zueinander schwankt zwischen 13 : 1 und 9 : 7.

In der Auslegung zeigt sich auch geringere Übereinstimmung zwischen den beiden Methoden untereinander als zwischen einer von ihnen und dem Gefässversuch. Die Versuche stimmen bei den Böden 14, 6, 15, 21, 13, 20, 3, 8, 30, 7, 4 und 2 darin überein, dass eine Düngung notwendig wäre. Bei den Böden 26, 25, 19, 28, 23, 18, 16, 1 und 9 wäre keine Düngung notwendig. Bei den Böden 29, 22, 5, 12, 24, 10,

1) Illustr. Landw. Ztg. 1926 S. 185.

2) Mitteilungen der DLG. Stück 28, 1926, S. 590.

Tabelle III.

| Nr. | Gefässversuch | CO <sub>2</sub> | Verhältnis. | Nr. | Gefässversuch | CO <sub>2</sub> | Verhältnis. |
|-----|---------------|-----------------|-------------|-----|---------------|-----------------|-------------|
| 5   | 27,16         | 0,33            | 81 : 1      | 23  | 70,31         | 4,40            | 16 : 1      |
| 4   | 17,35         | 0,38            | 59 : 1      | 1   | 31,26         | 1,86            | 16 : 1      |
| 14  | 26,92         | 0,51            | 53 : 1      | 22  | 31,12         | 2,11            | 15 : 1      |
| 16  | 35,56         | 1,05            | 36 : 1      | 24  | 23,17         | 1,48            | 15 : 1      |
| 12  | 32,89         | 1,00            | 33 : 1      | 11  | 13,96         | 0,98            | 14 : 1      |
| 26  | 32,36         | 1,10            | 20 : 1      | 28  | 28,64         | 2,30            | 12 : 1      |
| 27  | 19,01         | 0,72            | 26 : 1      | 7   | 7,72          | 0,63            | 12 : 1      |
| 3   | 23,07         | 0,60            | 26 : 1      | 20  | 17,78         | 1,57            | 11 : 1      |
| 10  | 17,26         | 0,66            | 26 : 1      | 9   | 57,15         | 5,12            | 11 : 1      |
| 2   | 12,59         | 0,48            | 25 : 1      | 21  | 11,67         | 1,17            | 10 : 1      |
| 19  | 79,98         | 3,77            | 21 : 1      | 18  | 35,56         | 4,00            | 9 : 1       |
| 17  | 29,24         | 1,48            | 20 : 1      | 30  | 14,79         | 1,57            | 9 : 1       |
| 6   | 8,91          | 0,49            | 18 : 1      | 13  | 6,80          | 0,83            | 8 : 1       |
| 15  | 10,30         | 0,61            | 17 : 1      | 29  | 85,11         | 10,59           | 8 : 1       |
| 25  | 51,76         | 3,02            | 17 : 1      | 31  | 21,18         | 2,82            | 7 : 1       |

27, 11, 31 und 17 stimmen die Methoden nicht überein. Bei 21 Böden wäre also die Auslegung der Ergebnisse die gleiche. Bei 10 Böden ist sie verschieden. Die Übereinstimmung ist also recht gering.

Vergleichen wir nun die Methode NEUBAUER mit dem Bodenauszug in kohlensäuregesättigtem Wasser. Auch zwischen diesen Zahlen zeigt sich, wie Tabelle 5 zeigt, weder Übereinstimmung noch Proportionalität. Die nach NEUBAUER gefundenen Zahlen sind erheblich höher. Eine Ausnahme macht auch hier wieder Boden 29 mit 5,98 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nach NEUBAUER und 10,59 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> im kohlensauren Bodenauszug. Lässt man diesen Boden weg, dann schwankt das Verhältnis der Werte zwischen 27 : 1 und 3 : 1. Da die erwartete Übereinstimmung sich hier nicht zeigt, muss man sagen, dass ein Beweis für den Satz, dass die in kohlensäuregesättigtem Wasser löslichen Nährstoffe das Maximum der Nährstoffe darstellen, die unsern Pflanzen im Boden zur Verfügung stehen, auf diesem Wege nicht erbracht worden ist. Dies Ergebnis braucht trotzdem noch nicht als ein Beweis für die Unrichtigkeit des Satzes angesehen zu werden. Es ist immerhin möglich, dass der NEUBAUER-Versuch oder die Herstellungsweise des Bodenauszuges zu einem solchen Vergleich ungeeignet war.

Tabelle 6 zeigt, wie es auch zu erwarten war, keine Übereinstimmung der gefundenen Werte. Das konnte ja auch bei zwei Bodenauszügen, die unter so wesentlich anderen Bedingungen angestellt waren, kaum der Fall sein. Die Zahlen des zitronensauren Auszuges sind erheblich höher. Sie stehen zu denen des kohlensauren Auszuges im Verhältnis von etwa 40 : 1 bis etwa 9 : 2. Am häufigsten zeigt sich wohl das Verhältnis von 13 : 1.

Ich möchte das Ergebnis der Versuche noch einmal kurz zusammenfassen:

1. Die Bestimmung der relativen Löslichkeit kann uns gewisse Anhaltspunkte über den Phosphorsäurevorrat eines Bodens geben. Jedoch ist ein Versagen der Methode in einzelnen Fällen möglich. Bei allen Böden, die einen ausgesprochenen Phosphorsäuremangel zeigten, liess sich dieser nachweisen.
2. Die Bestimmung der wurzellöslichen Phosphorsäure nach NEUBAUER vermag uns auch

Tabelle IV.

| Nr. | %<br>Löslichkeit | Lemmermann | Neubauer | Verhältnis | L. | N. |
|-----|------------------|------------|----------|------------|----|----|
| 29  | 54,45 %          | 76,30      | 5,98     | 13 : 1     | +  | -  |
| 14  | 19,82 %          | 19,01      | 2,44     | 8 : 1      | -  | -  |
| 22  | 28,77 %          | 27,90      | 6,00     | 9 : 2      | +  | -  |
| 6   | 11,59 %          | 11,89      | 2,54     | 9 : 2      | -  | -  |
| 26  | 22,59 %          | 39,54      | 11,06    | 4 : 1      | +  | +  |
| 25  | 30,97 %          | 41,52      | 10,47    | 4 : 1      | +  | +  |
| 15  | 14,09 %          | 15,13      | 3,69     | 4 : 1      | -  | -  |
| 5   | 23,01 %          | 31,05      | 7,42     | 4 : 1      | +  | -  |
| 13  | 27,93 %          | 16,33      | 5,47     | 3 : 1      | -  | -  |
| 21  | 13,58 %          | 11,14      | 3,74     | 3 : 1      | -  | -  |
| 20  | 15,64 %          | 20,28      | 6,96     | 3 : 1      | -  | -  |
| 19  | 28,64 %          | 41,45      | 15,81    | 3 : 1      | +  | +  |
| 3   | 20,28 %          | 23,05      | 8,53     | 8 : 3      | -  | ±  |
| 8   | 25,59 %          | 20,94      | 8,06     | 5 : 2      | -  | -  |
| 28  | 20,62 %          | 32,33      | 14,63    | 5 : 2      | +  | +  |
| 30  | 28,05 %          | 20,54      | 8,44     | 5 : 2      | -  | ±  |
| 23  | 26,36 %          | 36,87      | 16,81    | 2 : 1      | +  | +  |
| 18  | 35,32 %          | 32,99      | 14,83    | 2 : 1      | +  | +  |
| 16  | 13,84 %          | 32,86      | 14,86    | 2 : 1      | +  | +  |
| 12  | 15,85 %          | 20,28      | 10,76    | 2 : 1      | -  | +  |
| 7   | 16,23 %          | 13,12      | 6,39     | 2 : 1      | -  | -  |
| 4   | 16,44 %          | 17,85      | 9,07     | 2 : 1      | -  | ±  |
| 2   | 16,6 %           | 12,29      | 7,02     | 2 : 1      | -  | -  |
| 1   | 24,83 %          | 27,29      | 15,01    | 9 : 5      | +  | +  |
| 9   | 32,24 %          | 37,84      | 22,32    | 5 : 3      | +  | +  |
| 24  | 22,86 %          | 20,10      | 12,04    | 5 : 3      | -  | +  |
| 10  | 11,99 %          | 8,82       | 5,59     | 8 : 5      | +  | -  |
| 27  | 26,55 %          | 21,98      | 14,65    | 3 : 2      | -  | +  |
| 11  | 14,16 %          | 16,01      | 12,61    | 4 : 3      | -  | +  |
| 31  | 21,58 %          | 16,66      | 11,82    | 4 : 3      | -  | +  |
| 17  | 17,54 %          | 18,62      | 13,79    | 9 : 7      | -  | +  |

Tabelle V.

| Nr. | Neubauer | CO <sub>2</sub> | Verhältnis | Nr. | Neubauer | CO <sub>2</sub> | Verhältnis |
|-----|----------|-----------------|------------|-----|----------|-----------------|------------|
| 4   | 9,07     | 0,38            | 27 : 1     | 13  | 5,47     | 0,83            | 7 : 1      |
| 5   | 7,42     | 0,33            | 22 : 1     | 15  | 3,69     | 0,61            | 6 : 1      |
| 27  | 14,65    | 0,72            | 20 : 1     | 28  | 14,63    | 2,30            | 6 : 1      |
| 3   | 8,53     | 0,60            | 17 : 1     | 30  | 8,44     | 1,57            | 11 : 2     |
| 2   | 7,02     | 0,48            | 14 : 1     | 14  | 2,44     | 0,51            | 5 : 1      |
| 16  | 14,86    | 1,05            | 14 : 1     | 6   | 2,54     | 0,49            | 5 : 1      |
| 11  | 12,61    | 0,98            | 13 : 1     | 19  | 15,81    | 3,77            | 4 : 1      |
| 12  | 10,76    | 1,00            | 10 : 1     | 20  | 6,96     | 1,57            | 4 : 1      |
| 7   | 6,39     | 0,63            | 10 : 1     | 23  | 16,81    | 4,40            | 4 : 1      |
| 1   | 15,01    | 1,86            | 10 : 1     | 31  | 11,82    | 2,82            | 4 : 1      |
| 26  | 11,06    | 1,13            | 10 : 1     | 9   | 22,32    | 5,12            | 4 : 1      |
| 10  | 5,59     | 0,66            | 9 : 1      | 25  | 10,47    | 3,02            | 10 : 3     |
| 17  | 13,79    | 1,48            | 9 : 1      | 18  | 14,63    | 4,00            | 7 : 2      |
| 24  | 12,04    | 1,48            | 8 : 1      | 22  | 6,00     | 2,11            | 3 : 1      |
| 8   | 8,06     | 1,18            | 7 : 1      | 21  | 3,74     | 1,17            | 3 : 1      |
|     |          |                 |            | 29  | 5,98     | 10,59           | 1 : 2      |

gewisse Anhaltspunkte über die Phosphorsäuremenge, die den Pflanzen zur Verfügung steht, geben. Ob diese ebenso sicher sind, wie die mit der Zitronensäuremethode gewonnenen, möchte mir an Hand meiner Versuche zweifelhaft erscheinen.

NEUBAUER sagt selbst, dass sich nach seiner Methode noch keine Düngerrezepte geben liessen, sondern nur Anhaltspunkte<sup>1)</sup>.

Ich muss auf Grund meiner Versuche mich LEMMERMANN<sup>2)</sup> vollkommen anschliessen und sagen, dass sich solche Anhaltspunkte auch ebenso mit der Zitronensäuremethode gewinnen lassen. Aus dem Grunde dürfte diese vorläufig, d.h. bis die Keimpflanzenmethode gründlicher durchgearbeitet ist, dasselbe leisten. Sie hat vor dieser Methode den Vorzug, dass sie einfacher und schneller, daher auch billiger arbeitet. 3). Eine Übereinstimmung zwischen den Methoden NEUBAUER und LEMMERMANN wurde nicht gefunden. Auch bei der Auslegung der Zahlen zeigten sich erhebliche Unterschiede. 4). Irgendeine Übereinstimmung zwischen dem Bodenauszug mit kohlensäuregesättigtem Wasser und der Methode NEUBAUER konnte nicht nachgewiesen werden.

#### ABSTRACT.

1. The determination of the relative solubility may give certain important facts as to the store of phosphoric-acids in the soil. Still in some cases this method may fail. In all soils which showed an actual want of phosphoric-acid this has been indicated.

2. The determination of phosphoric-acid, soluble for roots, after NEUBAUER is able also to give some facts about the quantity of phosphoric-acid which is at the disposal of the plants. After experiments I doubt that these facts are as accurate

1) Illustr. Landw. Ztg. 1925 Stück 15.

2) Zeitschr.f.Pflanzenernährung und Düngung 1926 Bd. 5 Heft 3 S. 105 - 117.

Tabelle VI.

| Nr. | %<br>Löslichkeit | Lehmann | CO <sub>2</sub> | Verhältnis. |
|-----|------------------|---------|-----------------|-------------|
| 3   | 20,28 %          | 23,05   | 0,60            | 40 : 1      |
| 14  | 19,82 %          | 19,01   | 0,51            | 38 : 1      |
| 26  | 22,59 %          | 39,54   | 1,13            | 35 : 1      |
| 16  | 13,84 %          | 32,86   | 1,05            | 32 : 1      |
| 27  | 26,55 %          | 21,98   | 0,72            | 30 : 1      |
| 15  | 14,09 %          | 15,31   | 0,61            | 25 : 1      |
| 2   | 16,6 %           | 12,29   | 3,48            | 24 : 1      |
| 6   | 11,59 %          | 11,89   | 0,49            | 23 : 1      |
| 17  | 17,54 %          | 18,40   | 1,48            | 23 : 1      |
| 7   | 16,23 %          | 13,12   | 0,63            | 22 : 1      |
| 12  | 15,85 %          | 20,28   | 1,00            | 20 : 1      |
| 13  | 27,93 %          | 16,63   | 0,83            | 19 : 1      |
| 8   | 25,59 %          | 20,94   | 1,18            | 17 : 1      |
| 11  | 14,16 %          | 16,01   | 0,98            | 16 : 1      |
| 1   | 24,83 %          | 27,29   | 1,86            | 15 : 1      |
| 28  | 20,62 %          | 32,33   | 2,30            | 14 : 1      |
| 10  | 11,99 %          | 8,82    | 0,66            | 13 : 1      |
| 20  | 15,64 %          | 20,28   | 1,57            | 13 : 1      |
| 22  | 28,77 %          | 27,90   | 2,11            | 13 : 1      |
| 24  | 22,86 %          | 20,10   | 1,48            | 13 : 1      |
| 25  | 30,97 %          | 41,52   | 3,02            | 13 : 1      |
| 30  | 28,05 %          | 20,54   | 1,57            | 13 : 1      |
| 19  | 28,64 %          | 41,45   | 3,77            | 11 : 1      |
| 5   | 23,01 %          | 31,05   | 0,33            | 10 : 1      |
| 21  | 13,58 %          | 11,14   | 1,17            | 9 : 1       |
| 18  | 35,32 %          | 32,99   | 4,00            | 8 : 1       |
| 23  | 26,36 %          | 36,87   | 4,40            | 8 : 1       |
| 29  | 54,45 %          | 76,30   | 10,59           | 7 : 1       |
| 9   | 32,28 %          | 37,84   | 5,12            | 7 : 1       |
| 31  | 21,53 %          | 16,66   | 2,82            | 6 : 1       |
| 4   | 16,44 %          | 17,85   | 0,38            | 9 : 2       |

as those attained with lemon-acid. NEUBAUER himself says that by this method no manuring-recipes are given but only important facts. Here I agree perfectly with LEMMERMANN in the opinion that the same facts may be attained just as well in using the lemon-acid method. Preliminary until the seedling method will be more improved this will serve very well. The lemon-acid method is more simple and quicker therefore also cheaper.

3. An accordance between the methods of NEUBAUER and LEMMERMANN has not been found. The interpretation of the figures also showed considerable differences.

4. It was not possible to prove any accordance between the soil-removal by water, saturated with carbonic-acid, and the method of NEUBAUER.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1927

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Hahn Gerhard

Artikel/Article: [Vergleichende Versuche zur Bestimmung des Phosphorsäure - Bedürfnisses der Ackerböden 223-242](#)