

Zeitschrift für angewandte Chemie

38. Jahrgang S. 953—976

Inhaltsverzeichnis Anzeigenteil S. 5.

22. Oktober 1925, Nr. 43

Über die Löslichkeit, Aufschließbarkeit und Bewertung der verschiedenen Formen der Phosphorsäure und der phosphorsäurehaltigen Düngemittel.

Von K. SCHARRER und A. STROBEL.

Aus dem Agrikulturchemischen Institut der Hochschule für Landwirtschaft und Brauerei Weihenstephan bei München.

(Eingeg. 29./5. 1925.)

Die im Boden vorhandenen Nährstoffe können nur dann in die Pflanzenzellen eindringen, wenn sie leicht löslich sind, weil die Zellmembran nur für gelöste Stoffe durchlässig ist. Somit ist nur jene Phosphorsäure durch die Pflanzen ausnutzbar, die sich in einem pflanzenaufnehmbaren, wurzellöslichen Zustand befindet, weshalb Böden und Düngemittel nicht allein nach der absoluten Menge ihrer Phosphorsäure, sondern in weit höherem Maße nach dem Löslichkeitsgrad der Phosphate beurteilt werden müssen. Da wir im Laboratorium kein Agens besitzen, welches den Wurzausscheidungen der verschiedenen Pflanzen und ihrem Aufschließungsvermögen exakt entsprechen würde, ist naturgemäß die Wahl des anzuwendenden Lösungsmittels mit Schwierigkeiten verbunden.

Der Phosphorsäuregehalt unserer Böden liegt zwischen 0,025—0,3 % P_2O_5 und setzt sich aus anorganischen und organischen Verbindungen zusammen¹⁾. Von den ersten sind hauptsächlich Apatit, Vivianit sowie Tonerdephosphate wichtig, von organischen Formen finden sich Phytin, Phosphatide (Lezithine) und Nukleoproteide vor²⁾. Gewöhnlich sind die feinsten Bestandteile am reichsten an Phosphorsäure³⁾, während in den Bodenteilchen von mehr als 1 mm Korngröße nur geringe Phosphorsäuremengen enthalten sind. Die größtenteils schwer löslichen anorganischen Phosphate müssen, um als Pflanzennährstoffe in Betracht zu kommen, in leicht lösliche Verbindungen umgewandelt werden, was, wie weiterhin noch des näheren ausgeführt ist, einerseits durch gewisse im Boden enthaltene Stoffe, wie Sulfate, Nitrate und Humussäuren, anderseits durch die in den Wurzelsäften der Pflanzen ausgeschiedenen organischen Säuren vollzogen wird; auch biochemische Prozesse der Bodenflora und -fauna spielen dabei eine bedeutende Rolle.

Nach Th. Schlösing⁴⁾ nehmen die Pflanzen von den verschiedenen, im Boden vorkommenden Formen der Phosphorsäure vor allem die im Wasser lösliche Form auf⁵⁾, wie das durch Wasserkulturen nachgewiesen wurde. Ähnliche Anschauungen vertritt Paturel⁶⁾. Sauerstoffarme Phosphorverbindungen sind, wie ebenfalls

¹⁾ Raman, Bodenkunde. (J. Springer, Berlin.) Stoklasa, Biochem. Kreislauf des Phosphations. (G. Fischer, Jena 1911.)

²⁾ Stoklasa, loc. cit. I. T. Auten, Organic phosphorus of soils. Soil science 16, 281 [1923].

³⁾ Siehe Kleberger, Grundzüge der Pflanzenernährungs- und Düngerlehre I, 131. Vgl. auch Landw. Jahrb. 1886, S. 415; 1887, S. 757.

⁴⁾ Schlösing, C. r. 1898, S. 236, 327; 1899, S. 1004; 1901, S. 1189; 1902, S. 89.

⁵⁾ Pfeiffer, Pflanzenphysiologie II, S. 403.

⁶⁾ G. Paturel, Studien über die Lösung der Phosphorsäure in der Bodenflüssigkeit. Ann. agron. 18, 385 [1902]. Bestimmung des landwirtschaftlichen Wertes verschiedener natürlicher Phosphate. C. r. 1894, 194.

durch Wasserkulturen bewiesen wurde, zur Ernährung unbrauchbar⁷⁾). Nach Daikuhara⁸⁾ erwies sich Oxalsäure als bestes Lösungsmittel unter den organischen Säuren; ihr folgt die Citronensäure, am schwächsten wirkt die Essigsäure. Die Löslichkeit der Bodenphosphorsäure in den verschiedenen organischen Säuren geht jedoch nicht immer mit der Assimilierbarkeit durch die Pflanzen parallel. Quartaroli⁹⁾ meint, daß die organischen Säuren der Pflanzenwurzeln, Malonsäure, Äpfelsäure, Bernsteinsäure, Wein- und Citronensäure nicht nur die Bodenphosphate in Lösung bringen, sondern auch diese löslich gemachten Phosphate in Monometallphosphate umsetzen. Fraps¹⁰⁾ bezeichnet als chemisch verwertbare Pflanzennährstoffe solche, die fähig sind, von den Pflanzen aufgenommen zu werden. Die Bodenphosphate seien hauptsächlich schwer lösliche Mineralphosphate und könnten daher nicht als chemisch verwertbare Pflanzennährstoffe angesehen werden. Physiologische Verwertbarkeit nennt Fraps¹¹⁾ die Fähigkeit verschiedener Pflanzen, die gebotene Pflanzennahrung verschieden auszunutzen. Er verglich sie bei Reis, Baumwolle, Roggen und Erbsen und fand, daß Roggen die geringste, Reis die nächst höhere, Baumwolle und Erbsen die höchste Assimilationsfähigkeit besitzen.

Über die Aufnahme der Phosphorsäure durch die Kulturpflanzen arbeitete auch Prjanschikow¹²⁾, der feststellte, daß die Getreidearten kaum imstande sind, ihren Phosphorsäurebedarf aus den Phosphoriten zu decken, daß jedoch Leguminosen und Kruziferen dies bedeutend besser vermögen. Die Ursache davon liegt darin, daß die Leguminosen und Kruziferen infolge ihres ausgedehnten Wurzelsystems und ihrer höheren Wurzelacidität ein größeres Aufschließungsvermögen als die Gramineen besitzen. Aus Mono- und Dicalciumphosphat ist die Phosphorsäure den Pflanzen leichter zugänglich wie aus Tricalciumphosphat, wobei wiederum das Tricalciumphosphat der Knochen besser als dasjenige des Phosphorites und Apatits ausgenutzt wird. Eine Beidüngung von physiologisch sauren Salzen bewirkt eine bessere Ausnutzung der Phosphate. Zu ähnlichen Ergebnissen wie Prjanschikow kommen C. Schreiber¹³⁾ und P. Kossovitsch¹⁴⁾, der feststellte, daß Senf und Buch-

⁷⁾ Ad. Mayer, Agrikulturchemie I, S. 317 [1895].

⁸⁾ G. Daikuhara, Bull. coll. agric. Tokio, 5, 505 [1903].

⁹⁾ A. Quartaroli, Über die Einwirkung von Pflanzensäuren auf Phosphate. Stag. sperium. agrar. ital. 38, 83, 639 [1905].

¹⁰⁾ G. S. Fraps, Über die Ausnutzung der Bodenphosphorsäure. J. Am. Chem. Soc. 28, 823 [1906].

¹¹⁾ loc. cit.

¹²⁾ D. Prjanschikow, Zur Frage über den relativen Wert verschiedener Phosphate. Landw. Versuchsst. 56, 107 [1902]; 64, 23 [1906]. — Über den Einfluß von Ammoniumsalzen auf die Aufnahme von Phosphorsäure bei höheren Pflanzen. Sep. Abdruck a. d. Ber. d. dtsh. botan. Ges. 1905. — Ist die Phosphorsäure der Mineralphosphate den Kulturpflanzen zugängig? Ann. de l'institut agronomique de Moscou 1899. — Der Einfluß von kohlensaurem Kalk auf die Wirksamkeit verschiedener Calciumphosphate. Ann. de l'institut agronomique de Moscou 15, 1—15 [1909].

¹³⁾ C. Schreiber, Beiträge zum Studium der Phosphate. 1900.

¹⁴⁾ P. Kossovitsch, Über die relative Fähigkeit der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, die Phosphorsäure der Rohphosphate auszunutzen. J. f. exp. Landwirtschaft 1901, S. 790. — G. G. Getroiz, Die chemischen Methoden zur Bestimmung

weizen die Phosphorsäure des Phosphorites weit besser zu verwerten imstande sind als Klee und Lein. F. V. Schirikow¹⁵⁾ konnte eine lösende Wirkung von Ammoniumsulfat auf Phosphate bei Versuchen zu Weizen mit russischen Rohphosphaten beobachten. C. A. Jensen¹⁶⁾ hat ähnliche Untersuchungen gemacht. J. Schulow¹⁷⁾ führt die lösende Wirkung der Ammonsalze gegenüber Phosphoriten auf den physiologisch sauren Charakter dieser Salze zurück. Diese Tatsachen hatten dann bekanntlich die Aufstellung der Theorie Aereboe-Wrangell zur Folge, welche Forscher die schwer lösliche Bodenphosphorsäure durch möglichst ausgedehnten Anbau von mit reichlicher Stickstoffkalidüngung behandelten Schmetterlingsblütlern einerseits, durch saure Beidüngung der Zerealien anderseits in Lösung bringen wollen¹⁸⁾.

Über die Einwirkung von Wasser und wässerigen Salzlösungen auf Bodenphosphate arbeiteten Cameron und Bell¹⁹⁾. Sie studierten die Einwirkung der Kohlensäure, schwefeligen Säure, der Citrate, Ammon- und Calciumsalze auf die verschiedenen Phosphate des Calciums, Magnesiums, Eisens und Aluminiums. Als Ergebnis fanden sie, daß die Bodenphosphate durch Wasser unter Bildung basischer Phosphate zersetzt werden. Neutrale und saure Lösungen erhöhen den bei Calciumphosphat in Lösung gehenden Betrag an Phosphorsäure; Kalksalze und alkalische Lösungen erniedrigen ihn. Die Löslichkeit der Eisen- und Aluminiumphosphate wird durch neutrale Salze nicht beeinflußt, sie wird jedoch durch alkalische bzw. sauer reagierende Salzlösungen erhöht. Kosswitsch²⁰⁾ wies nach, daß die Fähigkeit der Pflanzen, schwer lösliche Phosphorsäure auszunutzen, nicht nur bei verschiedenen Pflanzen sehr ungleich ist, sondern auch bei der gleichen Pflanze in Hinsicht auf die Natur der Phosphorsäurequellen sehr schwankt. Besonders der Senf zeigt eine große Fähigkeit zur Ausnutzung der Phosphorit-Phosphorsäure, jedoch vermag er nicht die Bodenphosphorsäure zu verwerten. Wie J. Sebelien²¹⁾ nachwies, hat auch der Buchweizen ein großes Vermögen, sich die Phosphorsäure der schwer löslichen Rohphosphate anzueignen. Durch Beidüngung von schwefelsaurem Ammon wird die Ausnutzung der schwer löslichen Phosphate bedeutend vermehrt, insbesondere im Vergleich zur Beigabe von Natronalsalpeter. Ravenna und Zamora-

der Fruchtbarkeit der Böden hinsichtlich ihrer Phosphorsäure. J. f. exp. Landwirtschaft 1901, 768.

¹⁵⁾ F. V. Schirikow, siehe Honcamp-Nolte, Agrikulturchemie S. 44.

¹⁶⁾ C. A. Jensen, Medd. fr. Centraanst. 156 [1917]. Zit. nach Honcamp-Nolte, Agrikulturchemie.

¹⁷⁾ J. Schulow, Zur Frage über das Löslichwerden der Phosphorite unter dem Einfluß physiologisch saurer Salze. J. f. exp. Landwirtsch. 1902, S. 718, 1904.

¹⁸⁾ F. Aereboe, Neue Düngewirtschaft ohne Auslandsphosphate. M. Wrangell, Landwirtschaftl. Versuchsst. 96, 1, 209 [1920], Landwirtschaftliches Jahrbuch 57 [1922]. — P. Ehrenberg, Zur Kritik der Arbeit von Wrangell über die Mineralphosphate. Z. f. Pfl. u. Dü. 1923 (B) Heft 2. — Wrangell, Zur Kritik meiner Arbeit über Mineralphosphate, ebenda B [1923], 408. — Krische, Z. ang. Ch. 35, 371 [1922]. — Lemmermann, Haselhoff, Pfeiffer, Mitscherlich, Hasenbäumer, Nolte, Die Phosphorsäure unter kritischer Berücksichtigung des Aereboe-Wrangellschen Düngungssystems.

¹⁹⁾ Cameron und Bell, U. S. Dep. Agric. Bull. 41, 58 [1907].

²⁰⁾ Kosswitsch, Pflanze, Phosphorit und Boden. Russisches J. f. exp. Landw. 10, 804 [1909].

²¹⁾ J. Sebelien, Dünngungsversuche. Tidsskrift for det norske Landsbruk 16, 329 [1909].

Raniani²²⁾ wiesen nach, daß der Senf, was die Verwertung der schwer löslichen Phosphate anbelangt, alle anderen Pflanzen übertrifft. A. Baguley²³⁾ ließ Hafer und Erbsen auf einem künstlichen, aus reiner Kieselsäure und Calciumcarbonat bestehenden Boden gedeihen; die Nährsalze gab er mit Ausnahme von Phosphorsäure in Lösung. Als Phosphate wurden Orthophosphate des Calciums, Aluminiums und Eisens angewendet. Der im Eisenphosphat und Aluminiumphosphat gewachsene Hafer war ebenso wie die Erbsen gut entwickelt. Im Calciumphosphat war das Wachstum der Pflanzen sehr eingeschränkt. Pfeiffer und Blanck²⁴⁾ fanden, daß Dicalciumphosphat vom Hafer besser als von den Lupinen verwertet wird, ebenso Superphosphat und Thomasmehl. Schwerlösliche Phosphate und Phosphorite und Knochenmehl sind wiederum den Lupinen leichter zugänglich als dem Hafer. Pfeiffer²⁵⁾ hat ähnliche Versuche wie mit Lupinen und Hafer auch mit Hafer und Buchweizen angestellt und dabei gefunden, daß Buchweizen ein größeres Lösungsvermögen für schwer lösliche Phosphorsäureverbindungen als der Hafer hat, verursacht durch den höheren Gehalt des Wurzelastes an organischen Säuren. Ähnlich jedoch, wie die Lupinen starkes Kalkbedürfnis bei großer Kalkempfindlichkeit besitzen, ist der Buchweizen außerordentlich gegen größere Mengen leicht löslicher Phosphorsäure empfindlich und wird dadurch sehr leicht geschädigt.

T. Weber und W. Kleberger²⁶⁾ berichten, daß die Phosphorsäureausnutzung durch die Natur der Stickstoffdüngung wesentlich beeinflußt wird. Ammoniumsulfat wirkte am besten, dann kommt Ammonnitrat und Kalkstickstoff. Robertson²⁷⁾ fand bei seinen Versuchen, daß die Löslichkeit der Phosphorsäure mit jener Kalkmenge steigt, die an Kieselsäure gebunden ist. Calcinationierung der Phosphate verringert die Löslichkeit infolge Bildung einer Kieselphosphorsäure. A. Aitz²⁸⁾ bemerkte, daß Zusatz von Kalksalzen die Löslichkeit der Phosphorsäure herabsetzt, Zusatz von Ammonium-, Kalium-, Magnesium- und Natriumsalzen dagegen die Löslichkeit erhöht, am meisten bei Sulfaten, dann bei Nitraten und schließlich bei Chloriden.

N. Ayengar²⁹⁾ studierte die Einwirkung der Kalisalze auf die Phosphorsäureaufnahme der Pflanzen mit dem Ergebnis, daß reine Kalisalze den geringerwertigen vorzuziehen seien, da sie eine günstigere Wirkung auf die Phosphorsäureaufnahme zeigen. Durch gleichzeitige Anwendung von Kalisalzen wurde die Löslichkeit der Knochenmehlphosphorsäure erhöht. Kochsalz wirkte bei Pferdebohnen schädlich auf das Wachstum und die Phosphorsäureaufnahme ein. Kleberger³⁰⁾ stellt fest, daß

²²⁾ Ravenna und Zamorani, Über die Ausnutzung des Tricalciumphosphates durch die Kruziferen. Staz. sperim. agrar. Ital. 42, 389 [1909].

²³⁾ A. Baguley, Die Phosphaternährung der Pflanzen. Journ. of agric. science 4, 318 [1912].

²⁴⁾ Pfeiffer und Blanck, Landw. Versuchsst. 84, 93 [1914].

²⁵⁾ Pfeiffer, Simmernacher, Rathmann, Landw. Versuchsst. 87, 191 [1915]. — Pfeiffer, Simmernacher und Spangenberg, Landw. Versuchsst. 89, 203 [1916].

²⁶⁾ Th. Weber und W. Kleberger, Journ. f. Landw. 64, 181 [1916].

²⁷⁾ G. S. Robertson, Journ. agric. science 8, 16 [1916].

²⁸⁾ A. Aitz, Journ. chem. soc. 110, 564 [1916].

²⁹⁾ N. Ayengar, Einwirkung der verschiedenen Kalisalze auf die Phosphorsäureaufnahme und die Ausnutzung der Phosphate. Diss. Göttingen 1917.

³⁰⁾ W. Kleberger, Düngungsversuche zu Raps. Mitt. D. L. G. 33, 273 [1918].

auch Raps eine jener Pflanzen sei, welche die Bodenphosphorsäure gut verwerten.

Unter den Zerealien besitzt somit der Hafer das größte Aufschließungsvermögen, bei den Leguminosen die Lupine, bei den Kruziferen der Raps, Senf und Lein.

Bezüglich der Zeit, in welcher die Phosphate vorwiegend aufgenommen werden, fand B a l i k a ³¹⁾, daß bei Gerste der Phosphorsäuregehalt in Form anorganischer Verbindungen in der achten Woche bereits eine bedeutende Höhe erreicht; im Verlauf der weiteren Entwicklung steigt der Gehalt an organisch gebundener Phosphorsäure auf Kosten desjenigen in anorganischer Bindung. S e i d l e r ³²⁾ faßt seine Untersuchungen über den Umsatz der Phosphorsäure während der verschiedenen Vegetationsstadien dahin zusammen, daß die anorganischen Phosphate zuerst in großer Menge von den Pflanzen aufgenommen und hierauf im Verlauf der weiteren Entwicklung hauptsächlich in organische Phosphorverbindungen verwandelt werden; das Verhältnis der anorganischen zu den organischen Phosphorverbindungen verschiebt sich somit während der Vegetationsperiode zugunsten der organischen Verbindungen. Beim Hafer verhält es sich insofern anders, als meist die anorganische Phosphorsäure die organische überwiegt. Von den organischen Phosphorsubstanzen herrschen bei der Gerste Eiweißkörper und Lezithine vor, während beim Hafer das Phytin die Hauptmenge ausmacht. Die Phytinphosphorsäure ist sonst nur ein geringer Bruchteil der Gesamtphosphorsäure; sie nimmt bei den oberirdischen Teilen und der ganzen Pflanze fast immer bis zum Ende der Vegetationsperiode zu, bei den Wurzeln dagegen ständig ab. Die Gesamtphosphorsäureaufnahme verlief bei den Versuchen S e i d l e r s keineswegs mit der Bildung der Trockensubstanz parallel. S t a n i s z k i s ³³⁾ verwendete Hirse als Versuchspflanze und konnte Parallelität zwischen Phosphorsäureaufnahme und Bildung der Trockensubstanz feststellen. Die anorganische Phosphorsäuremenge erreichte in der elften Woche ihren Höhepunkt und sank dann beständig, der Umsatz der anorganischen Verbindungen in organische war bis zur Rispenbildung nur gering. Die organischen Phosphorsubstanzen bestanden hauptsächlich aus Lezithinen und phosphorhaltigen Eiweißkörpern; sie nahmen von der achten bis zur neunten Woche stark zu. Am höchsten war diese Zunahme in der Periode des Samenansatzes von der zwölften Woche an. Die Phosphorsäure der Eiweißkörper stieg bis zur zehnten Woche langsam an, um von da an stärker zuzunehmen. Am stärksten war dieser Anstieg in der zwölften und dreizehnten Woche. Die Lezithinphosphorsäure erreichte ihren höchsten Betrag in der zehnten Woche, um dann zu sinken und gegen Ende der Vegetation wieder zuzunehmen. Die Phytinphosphorsäure fand sich erst in den acht bis neun Wochen alten Pflanzen und stieg hierauf bis zum Ende der Vegetation an, um den Höhepunkt ihrer Zunahme während der Samenbildung zu erreichen. S e i ß l ³⁴⁾ untersuchte den alkoholischen Blattextrakt auf Phosphorsäure und Stickstoff und fand, daß die stärkste Phosphorsäureaufnahme in den Blättern bis zur Ausbildung der Blüte vor sich geht. Später erweitert sich das Verhältnis von Phosphorsäure zu Stickstoff immer mehr, jedenfalls deshalb weil die Phosphorsäure in die Dauerorgane zurückwandert und der

Stickstoff in den Blättern verbleibt. Nach T u n m a n n ³⁵⁾ herrschen in Wurzeln und Rhizomen die anorganischen Phosphorverbindungen vor, während sich die organischen Formen dieses Elements hauptsächlich in Körnern und Samen finden. Dieser Forscher meint, daß in den Blättern ebenfalls die organischen Phosphorverbindungen überwiegen.

Neben den rein chemischen Faktoren, welche die Löslichmachung der Phosphate bewerkstelligen, dürfen die biochemischen Einflüsse der Mikroorganismen nicht unberücksichtigt bleiben. H e i d e n ³⁶⁾ stellte fest, daß Phosphorite durch Kompostierung mit Stallmist gut aufgeschlossen werden. A. H o s ä u s ³⁷⁾ konnte jedoch nur eine geringe Wirkung dieser Maßnahmen wahrnehmen. F. H o l d e f l e i ß ³⁸⁾ glaubt in der Salpetersäure sowie in der in Mooren manchmal auftretenden Schwefelsäure die aufschließenden Stoffe für die Phosphate zu erkennen, mißt aber der Kohlensäure weniger Wichtigkeit bei, während L i e b i g ³⁹⁾, D u m a s ⁴⁰⁾, L a s s a i g n e ⁴¹⁾, D é h é r a i n ⁴²⁾, I. R. M ü l l e r ⁴³⁾ und W o l l n y ⁴⁴⁾ der Kohlensäure große Bedeutung zuschreiben. Weniger Einfluß wird der Kohlensäure auch von M u l d e r ⁴⁵⁾, S e n f ⁴⁶⁾ und S c h l ö s i n g ⁴⁷⁾ zugeschrieben. H a s e l h o f f ⁴⁸⁾ gelang jedoch der Nachweis, daß die Kohlensäure aus verschiedenen Gesteinen (Muschelkalk, Basalt, Grauwacke, Buntsandstein) 9—30 % P₂O₅ herauslös. Den Humussäuren ist eine gewisse aufschließende Kraft auf die Bodenphosphate nicht abzusprechen, womit zu erklären wäre, daß unter Umständen die schwer löslichen Phosphate aus sauren Böden eine gewisse Düngerwirkung zeigen ⁴⁹⁾. Q u a r t a r o l i ⁵⁰⁾ macht Angaben über die Wirkung verschiedener organischer Säuren und saurer Salze. Anderseits haben gerade neue Forschungen bewiesen, daß saure Böden immer phosphorsäurebedürftig sind und die Phosphorsäure in ihnen unlöslich festgelegt ist ^{50a)}.

³⁵⁾ T u n m a n n , Pflanzenmikrochemie S. 86.

³⁶⁾ H e i d e n , Zentralbl. f. Agrikulturchemie 4, 138 [1873].

³⁷⁾ A. H o s ä u s , Landw. Jahrb. 2, 311 [1873].

³⁸⁾ F. H o l d e f l e i ß , Landw. Jahrb. 6, Suppl. I, 159 [1877].

³⁹⁾ L i e b i g , Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur usw., 5. Aufl., 158 [1843]. — L i e b i g , Ann. d. Chemie u. Pharmazie 61, 128 [1847].

⁴⁰⁾ D u m a s , C. r. 23, 1018 [1846].

⁴¹⁾ L a s s a i g n e , ebenda S. 1019.

⁴²⁾ D é h é r a i n , ebenda 47, 988 [1858].

⁴³⁾ I. R. M ü l l e r , Untersuchung über die Einwirkung des kohlensäurehaltigen Wassers. Diss. Leipzig 1877.

⁴⁴⁾ W o l l n y , Die Zersetzung der organischen Stoffe. 282 [1897].

⁴⁵⁾ M u l d e r , Die Chemie der Ackerkrume.

⁴⁶⁾ S e n f , Steinschutt und Erdboden 309 [1867].

⁴⁷⁾ S c h l ö s i n g , C. r. 131, 149 [1900].

⁴⁸⁾ H a s e l h o f f , Landw. Versuchsst. 70, 83 [1909].

⁴⁹⁾ M. F l e i s c h e r , A. K ö n i g und K i e ß l i n g , Landw. Jahrb. 12, 129 [1833]. — T a c k e , Mitt. d. Vereins z. Förderung d. Moorkultur 12, 345 [1894]; 14, 113 [1896]; 19, 277 [1901]; 20, 312 [1902]. — H. B a c h m a n n , Journ. f. Landw. 54, 301 [1906]. — S e m p o l o w s k i , Z. f. landw. Versuchswesen in Österreich 1, 267 [1898]. — T a c k e und M i n f e n , Landw. Jahrb. 27, Erg.-Bd. IV, 392 [1898]. — W. H o f m e i s t e r , Landw. Versuchsst. 52, 332 [1899]. Vgl. auch H. N i k l a s , Einwirkung der Humusstoffe auf die Verwitterung der Silicate. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde 1912.

⁵⁰⁾ Q u a r t a r o l i , Staz. sperim. agrar. ital. 38, 83 [1905]. Ref. Chem. Zentr. 9, I. 1609 [1905].

^{50a)} Siehe z. B. M i y a k e , K o j i , I s h i o , T a m a c h i und J u n j i r o K o n n o : The influence of phosphate, biphosphate, carbonate, silicate and sulfate of calcium, sodium and potassium on plant growth in acid mineral soils. Soil science 18, 279 [1924].

³¹⁾ B a l i k a , Akademie der Wissenschaften, Krakau 1906, Nr. 7. Siehe K l e b e r g e r , Grundzüge der Pflanzenernährung und Düngerlehre II, 78.

³²⁾ S e i d l e r , Landw. Versuchsst. 79—80, 563 [1913].

³³⁾ S t a n i s z k i s , Akademie der Wissenschaften, Krakau 1909, Chem. Zentralbl. II, 918 [1909].

³⁴⁾ S e i ß l , Z. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich 14, 886 [1911].

Die Lösung der Rohphosphate durch die Mikroorganismen des Bodens hat ihre Ursache in der Bildung saurer Stoffwechselprodukte durch diese Kleinlebewelt. Die Aufschließung der Phosphate durch Bakterien wurde besonders von Stoklasa, Duchacek und Pitra⁵¹⁾ studiert, wobei sich ergab, daß *Bacillus mycooides* und *Bacillus Megatherium* in besonderer Weise daran Anteil haben. Nach Kröber⁵²⁾ ist die bessere Wirkung schwerlöslicher Phosphate in humusreichen Böden auf die dort vorkommenden Humussäuren und die Säurebildung durch Bakterien, Pilze und Hefe zurückzuführen. Grazia und Cerza⁵³⁾ machten auf die Bedeutung der Schimmelpilze für die Löslichmachung des Tricalciumphosphates im Boden aufmerksam; sie beobachteten besonders die Assimilation von Phosphaten durch *Aspergillus niger*, *Penicillium glaucum* und *Penicillium brevicaule*. Die Säurebildung aus Zucker und ihre Bedeutung für die Aufschließung der Phosphate durch Bodenorganismen studierte Brown⁵⁴⁾. Was die Aufschließung von Tricalciumphosphat durch Bakterien anbelangt, so zeigten sich als Stickstoffquelle nach Perotti⁵⁵⁾ die physiologisch sauren Salze, wie Ammonsulfat, günstiger als die physiologisch alkalischen, wie z. B. Natriumnitrat. Perotti⁵⁶⁾ ist der Ansicht, daß man von eigentlichen Phosphorsäurelösern unter den Bakterien nicht reden kann. Die Auflösung wird durch Kohlehydrate, insbesonders durch Saccharose in vorteilhafter Weise beeinflußt. Sewerin⁵⁷⁾ arbeitete ebenfalls über die Wirkung der Bakterien auf den Phosphorsäureumsatz im Boden. G. Corso⁵⁸⁾ schreibt auf Grund seiner Studien verschiedenen Pflanzenfamilien ein ungleiches Lösungsvermögen für unlösliche Phosphate zu. A. Stalström⁵⁹⁾ untersuchte den Einfluß steriler und gärender organischer Stoffe auf die Löslichkeit der Phosphorsäure des Tricalciumphosphates und kam zu dem Ergebnis, daß sterile organische Stoffe nicht befähigt sind, Tricalciumphosphat löslich zu machen, sondern daß diese Eigenschaft an den Lebensprozeß der Bakterien gebunden sei. E. Kröbers⁶⁰⁾ Versuche erbrachten den Beweis, daß für das Löslichmachen der Phosphate die Tätigkeit der Bakterien von Bedeutung sei und als lösendes Agens in erster Linie die Kohlensäure in Betracht käme.

Nach Stoklasa⁶¹⁾ kommt die Phosphorsäure im Boden in Form von Mono-, Di-, Tri- und Tetraphosphat von Kalium, Natrium, Calcium Magnesium, Aluminium, Eisen und Mangan vor. G. v. Georgievics⁶²⁾ fand, daß die Ferro- und Ferrihydroxyde imstande sind, dem Tricalciumphosphat bei Gegenwart von Kohlensäure die Phosphorsäure zu entziehen und sie in schwerlösliche Form zu

⁵¹⁾ Stoklasa, Duchacek und Pitra, Beiträge zur chem. Physiologie und Pathologie 3, 329 [1902].

⁵²⁾ Kröber, J. f. Landw. 57, 542 [1909].

⁵³⁾ Grazia und Cerza, Staz. sperim. agrar. ital. vol. 39, 817 [1907]. — Siehe A. Kossowicz, Agrikulturmykologie I, S. 63.

⁵⁴⁾ Ch. W. Brown, Berichte der Michigan Acad. of science 1907, S. 160.

⁵⁵⁾ Perotti, Atti R. Accad. dei Lincei, Roma 17, I, 448 [1908]. — Siehe Kossowicz loc. cit.

⁵⁶⁾ Perotti, Staz. sperim. agrar. ital. 42, 337 [1909].

⁵⁷⁾ Sewerin, Z. f. Bak. 28, 561 [1910].

⁵⁸⁾ G. Corso, Staz. sperim. Agr. ital. 44, 309 [1911].

⁵⁹⁾ A. Stalström, Z. f. Bak. II, 11, 724 [1904].

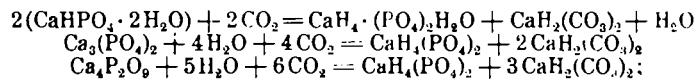
⁶⁰⁾ E. Kröber, loc. cit.

⁶¹⁾ J. Stoklasa, Biochemischer Kreislauf des Phosphats im Boden. (G. Fischer, Jena 1911.)

⁶²⁾ G. v. Georgievics, Sitzungsber. d. kaiserl. Akademie d. Wissensch. Wien, Math. naturwiss. Klasse 100, II b, 1891. Über das Verhalten des Tricalciumphosphates gegen Kohlensäure und Eisenhydroxyd.

verwandeln. J. K. Greisenegger⁶³⁾ stellte fest, daß die wasserlösliche Phosphorsäure schon in den obersten Schichten der kalkhaltigen und kalkarmen Böden in eine wasserunlösliche Form übergeführt und daß tiefer als 30 cm in den Boden nur kleine Anteile der oberflächlich aufgenommenen Phosphorsäuremengen eindringen.

Stoklasa⁶⁴⁾ meint, daß vor allem die Kohlensäure lösend auf die im Wasser unlöslichen Di-, Tri- und Tetraphosphate nach folgendem Schema einwirkt:



ähnlich werden die Monophosphate von Mg, Al, Fe, Mn aus den betreffenden Phosphaten gebildet. Dieser Forsscher führte ausgedehnte Versuche in der Weise durch, daß er auf 1 g der verschiedensten Phosphate, die in destillierten Wasser suspendiert waren, in einem Zeitraum von 500 Stunden einen Strom reiner Kohlensäure durchleitete und im klaren Filtrat die Phosphorsäure bestimmte. Seine Resultate faßte er dahin zusammen, daß die größte Wirkung bei der Auflösung der Phosphorsäure durch kohlensäurehaltiges Wasser beim Dicalciumphosphat zu beobachten war. Nach dem Dicalciumphosphat kommt Monodialuminiumphosphat und Monodiferriphosphat, hierauf Tricalciumphosphat und Ditriferriphosphat. Am wenigsten löste sich vom Triferriphosphat. Neben der Kohlensäure spielen auch die anorganischen Säuren eine große aufschließende Rolle; diese werden beim Abbau der Pentosen, Hexosen und Polysaccharide durch den Atmungsprozeß der Bakterien gebildet. Von ihnen kommen in Betracht die Milch-, Essig-, Butter-, Valerian- und Ameisensäure und schließlich in feuchten, an organischen Stoffen reichen Böden noch die Huminsäuren. H. v. Liebig⁶⁵⁾ hat bereits seinerzeit auf die durch die organischen Säuren im Boden bewirkte Aufschließung der Phosphate hingewiesen, hauptsächlich aber dabei jene organischen Säuren ins Auge gefaßt, die von den Pflanzenwurzeln ausgeschieden, dagegen weniger auf jene Säuren Wert gelegt, die durch den Einfluß der Bakterien gebildet werden. Infolge der Anregungen Liebig's wurden verdünnte organische Säuren zur analytischen Bestimmung der Düngerphosphorsäure verwendet. Da er auf Grund seiner Versuche zu der Ansicht gelangt war, daß die Pflanzen durch die von ihren Wurzeln ausgeschiedene Oxalsäure die Boden- und Düngerphosphorsäure lösen, schlug er vor, die Wertbestimmung der phosphorhaltigen Düngemittel mit Kaliumoxalat durchzuführen.

Stoklasa⁶⁶⁾ ließ auf erbsengroße Stücke von Floridaphosphat viererlei Lösungen einwirken, und zwar erstens destilliertes und sterilisiertes Wasser; zweitens destilliertes Wasser mit Saccharosezusatz; drittens destilliertes Wasser, in dem Saccharose, Kaliumsulfat und Magnesiumchlorid aufgelöst war; viertens destilliertes Wasser, das Saccharose, Kaliumsulfat, Magnesiumchlorid und Ammonnitrat gelöst enthielt. Nach fast einjähriger Einwirkungszeit wurde die Menge des in Lösung gegangenen Phosphates ermittelt. Es war aus diesen Versuchen zu erkennen, daß in jener Nährlösung, in der Saccharose mit allen anorganischen Nährstoffen ohne Stickstoffnährquelle vorhanden war, die biochemische Reaktion in weit schwächerem Maße als in Gegenwart von Ammonnitrat

⁶³⁾ J. K. Greisenegger, Über das Verhalten von Superphosphat im Boden. Z. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich 13, Heft 1 [1910].

⁶⁴⁾ J. Stoklasa, loc. cit.

⁶⁵⁾ H. v. Liebig, Durch welche Säuren lösen die Pflanzenwurzeln die Phosphate im Boden. Landw. Jahrb. 10, 603 [1881].

⁶⁶⁾ Stoklasa, loc. cit.

sich abspielte, und sich nur die Hälfte der Phosphorsäuremenge löste als dort, wo Nitrate im Nährboden anwesend waren. In jener Lösung, in der sich das Floridaphosphat bloß in destilliertem, sterilen Wasser befand, konnten naturgemäß keine Schimmelpilze und Bakterien gedeihen und sich daher nur ganz kleine Mengen Phosphorsäure lösen. Wurde das Floridaphosphat zu feinem Pulver gemahlen, so gingen noch viel größere Mengen in Lösung^{66a)}. Die Überführung der schwerlöslichen Bodenphosphate in leichtlösliche durch die Bakterienzellen und die Aufnahme dieser leichtlöslichen Phosphorsäure durch die Pflanzen nennt Stoklasa die biologische Absorption des Phosphors im Boden. Er vermochte schon seinerzeit nachzuweisen, daß jene Böden, welche sauer reagieren, also die absorptiv ungesättigten und wenig fruchtbaren, sich durch ein kleines biologisches Absorptionsvermögen auszeichnen, daß jedoch die absorptiv gesättigten Böden für das Phosphation ein großes Absorptionsvermögen besitzen. Sind alle Entwicklungsbedingungen für das Bakterienwachstum im Boden gegeben, sind also vor allem leicht zersetzbare Kohlehydrate und genügende Mengen Stickstoff in leichtassimilierbarer Form vorhanden, so steigt dementsprechend die Assimilation des Phosphations. Auch die Ammonisationsbakterien vermögen durch ihren Lebensprozeß Di-, Tri- und Tetraphosphate in Monophosphate überzuführen. Stoklasa ist der Meinung, daß in absorptiv gesättigten fruchtbaren Böden die Phosphorsäure größtenteils in organischer und nur ein kleiner Teil in anorganischer Bindung vorhanden ist, und daß bei Böden mit großer Luftkapazität durch die Düngung mit Superphosphat und Stallmist sich die organischen Verbindungen der Phosphorsäure vermehren. Nach diesem Forscher sind in 1 kg Wiesen-, Wald- und Torfboden durchschnittlich 0,018—0,034 g Phosphatide enthalten.

Stoklasa⁶⁷⁾ ließ auf die verschiedensten Phosphate $\frac{1}{2}\%$ ige Essigsäure, $\frac{1}{2}\%$ ige Ameisensäure und kohlensäurehaltiges Wasser einwirken und bestimmte die Menge der in Lösung gegangenen Phosphorsäure. Die größte Menge Phosphate wird durch die $\frac{1}{2}\%$ ige Ameisensäure, die kleinste durch das kohlensäurehaltige Wasser gelöst. Stoklasa ist überzeugt, daß im Boden auch noch andere Phosphatformen, als die bis jetzt angenommenen, vorhanden sein müssen, und daß dies möglicherweise assimilierbare Humophosphate in kolloider Form sind, womit er erklären will, daß verhältnismäßig große Mengen Phosphationen aus manchen Böden assimiliert werden. So sieht H. v. Kaserer⁶⁸⁾ die Bedeutung der Humate für die Entwicklung der Azotobakterkulturen darin, daß die Humate Eisen- und Aluminiumverbindungen in solchen Formen enthalten, die die Ausfällung verhindern. Nach Stoklasa⁶⁹⁾ ist das Wurzelsystem der Pflanzen nicht ausschließlich auf orthophosphorsaure Salze als Phosphorquelle angewiesen, sondern auch imstande, aus manchen organischen Phosphorverbindungen seinen Phosphorbedarf zu entnehmen. In allen unfruchtbaren Böden sei die Phosphorsäure hauptsächlich in anorganischer Form vorhanden, jedoch bei absorptiv gesättigten, gut mechanisch bearbeiteten und gedüngten Böden mit schwach alkalischer Reaktion größtenteils organisch gebunden. Die

Humusböden machen insofern eine Ausnahme, als sie zwar absorptiv ungesättigt und sauer sind und sich gewöhnlich in keiner guten Kultur befinden, aber trotzdem Phosphor in organischer Form enthielten. Die Meinung der landwirtschaftlichen Praxis, daß durch Kompost und Fermentationswirkung auf das Knochenmehl und auf die Rohphosphate ein Teil der Gesamtporphorsäure in wasserlösliche Form übergeführt wird, ist nach Stoklasa noch ungeklärt, und kann vielleicht durch Einwirkung der Ammonisationsbakterien auf diese Phosphate erklärt werden.

Untersuchungen über die Kalkphosphate röhren von H. Bassett⁷⁰⁾ her, der fand, daß sie durch Hydrolyse in Hydrogele übergehen und dadurch Gemische von Di-, Tri- und Tetraphosphaten und Calciumhydroxyd bilden. Da die Phosphorsäure sich mit Eisen- und Aluminiumverbindungen unter Bildung schwer löslicher Substanzen umsetzt, ist hoher Gehalt an säurelöslichen Sesquioxiden für die Aufnehmbarkeit der Phosphorsäure durch die Pflanzen ungünstig. Liebscher⁷¹⁾ hält das Verhältnis Phosphorsäure zu Eisenoxyd — Tonerde wie 1 : 40 als „sehr günstig“ für die Ackerböden, 1 : 40 — 60 als „noch günstig“, 1 : 60 — 90 als „wenig günstig“, 1 : mehr als 90 „für ungünstig“. Aus dem gleichen Grund wirkt ein hoher Gehalt an Calciumcarbonat ungünstig auf die Aufnahme der Phosphorsäure durch die Pflanzen. Gerlach⁷²⁾ betrachtet die Calciumphosphate selbst als kolloide Molekülkomplexe. Unter dem Einfluß kolloid gelöster Humusstoffe werden die Phosphate ausgewaschen und gehen in Lösung. So fanden Whitson und Stoddart⁷³⁾ in 21 Böden von saurer Reaktion durchschnittlich 0,033% P₂O₅, in 6 nicht sauer reagierenden 0,93% P₂O₅.

Mitscherlich⁷⁴⁾ kam zu dem Ergebnis, daß die Wirkungswerte des Mono-, Di- und Tricalciumphosphates sich wie 3:2:1 verhielten. Pfeiffer und Blank⁷⁵⁾ stellten fest, daß Kieselsäure und Aluminiumhydroxyd als Gele bestimmte Absorptionseinflüsse auf die Phosphate ausüben; als sie zu einer Sandkultur diese Stoffe zugaben, fanden sie eine beträchtliche Veränderung der Phosphorsäureausnutzung durch die Pflanzen. Dagegen behauptet Stoklasa⁷⁶⁾, daß die Bildung der sauren Phosphate durch Silicate und Aluminiumsilicate viel langsamer vor sich ginge als die Sättigung der sauren Phosphate durch Calcium- und Magnesiumcarbonat. Da, wie schon erwähnt, Greisenegger⁷⁷⁾ fand, daß im kalkarmen Boden eine Bindung der sauren Phosphate in den oberen Bodenschichten stattfindet, scheinen bei der Festlegung der Phosphate auch Silicate und Aluminiumsilicate eine Rolle zu spielen.

Besondere Bedeutung kommt ferner der Frage zu, inwiefern eine Kalkdüngung die Wirkung einer gleichzeitigen Phosphorsäuredüngung beeinflußt. Bei sauren Böden, die eine kräftige Bindung des Kalkes bewerkstelligen, ist die Gefahr der Festlegung der sauren Phos-

^{66a)} A. N. Lebediantzev, L'origine de la phosphore et le degré de sa pulvérisation comme facteurs principaux de son assimilation par les végétaux. Ann. de la science agronom. franç. et étrangère 41, 330 [1924].

⁶⁷⁾ Stoklasa, loc. cit.

⁶⁸⁾ H. v. Kaserer, Zur Kenntnis des Mineralstoffbedarfs von Azotobakter. Z. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich 14, Heft 2 [1911].

⁶⁹⁾ Stoklasa, loc. cit.

⁷⁰⁾ H. Bassett, Chem. Z. 1907, I, S. 1241. — 1908, II, S. 759. — Z. anorg. Ch. 59, Heft 1 [1908]. — Siehe auch Seidel, Chem. Z. 1906, I, S. 528. — Cameron und Bell, Chem. Z. 1906, II, S. 529. — K. Rusch, Z. anorg. Ch. 52, 325 [1907]. — Zit. nach Raman, Bodenkunde (J. Springer, Berlin) S. 255.

⁷¹⁾ Liebscher, Zentralbl. f. Agrikulturchem. 25, 84. Nach Raman loc. cit.

⁷²⁾ Gerlach, Landw. Versuchsst. 46, 201 [1896].

⁷³⁾ Whitson und Stoddart, Zentralbl. f. Agrikulturchem. 1908, S. 217.

⁷⁴⁾ Mitscherlich, Landw. Versuchsst. 83, 231 [1911].

⁷⁵⁾ Pfeiffer und Blank, Mitt. aus den landw. Instituten Breslau 6, S. 315.

⁷⁶⁾ Stoklasa, loc. cit.

⁷⁷⁾ Greisenegger, loc. cit.

phate geringer als auf Böden mit neutraler und schwach alkalischer Reaktion⁷⁸⁾. Nach Prjanischnikow⁷⁹⁾ können die Kalkphosphate betreffs ihrer Düngerwirkung in zwei Gruppen geteilt werden; Mono- und Dicalciumphosphat und Thomasmehl sind gegen Zusatz von Calciumcarbonat wenig empfindlich; die zweite Gruppe hingegen, nämlich Tricalciumphosphat, Phosphorit und Knochenmehl zeigen eine starke Depression ihrer Düngewirkung unter dem Einfluß von kohlensaurem Kalk. Wird jedoch als Stickstoffquelle statt Natriumnitrat Ammoniumsulfat genommen, dann ist die Kalkgabe in allen Fällen günstig, wenigstens bei den Bedingungen der Sandkultur. Die Eisen- und Aluminiumphosphate erleiden unter dem Einfluß des Calciumcarbonates keine erhebliche Wirkungsdepression. Schneidewind und D. Meyer⁸⁰⁾ fanden, daß auf Böden mit gutem Kalkgehalt, aber geringerer Menge Eisen und Aluminium nicht nur die Phosphorsäure des Thomasmehles, sondern auch die des Präzipitates und Superphosphates für eine lange Reihe von Jahren ihre Wirksamkeit beibehält. Ein größerer Kalkgehalt des Bodens beeinflußt somit die Aufschließbarkeit der Phosphate nicht bedeutend und hindert die Pflanzen nicht daran, die Phosphate in entsprechender Menge aufzunehmen. Die mit Kalk gesättigten Phosphate sind für die niederen und höheren Pflanzen leicht aufschließbar⁸¹⁾. Schucht⁸²⁾ studierte die Löslichkeit des Di- und Tricalciumphosphates und fand, daß sie von dem Kohäsions- und Hydrationszustand abhängig sei; Prjanischnikow⁸³⁾ stellte fest, daß auch die Eisen- und Aluminiumphosphate ziemlich gut assimilierbar wären und durch Wasser langsam der Zersetzung anheim fielen. Von Interesse sind die Arbeiten von J. Dumont⁸⁴⁾, der zu dem Ergebnis kam, daß bei Humusböden die Bindung der sauren Phosphate nicht nur der teilweisen Sättigung, dem sogenannten „Zurückgehen“ zuzuschreiben ist, sondern auch vom Verhältnis Humus zu Kalk bestimmt wird, da ein Teil der sauren Phosphate von den Humuskörpern gebunden werden dürfte. Diese Verbindungen konnten weder bei Rohphosphaten, noch bei Thomasmehlen, sondern nur bei sauren Phosphaten konstatiert werden. Sie werden aber von den Pflanzen gut aufgenommen, wie Experimente mit künstlichen Humophosphaten lehrten. Wie erwähnt, hat bereits Stoklasa⁸⁵⁾ darauf aufmerksam gemacht, daß im Boden noch andere Phosphatformen als die bis jetzt bekannten existieren müßten. Lemermann und Wießmann⁸⁶⁾ fanden, daß die Phosphorsäure bei der Pflanzenernährung zum Teil (bis zu zwei Dritteln) durch Kieselsäure in entsprechender Form ersetzt werden kann und erklären dies damit, daß durch Anwesenheit der Kieselsäure eine erhöhte Phosphorsäureaufnahme der Pflanze bewirkt wird.

⁷⁸⁾ Kellner und Böttcher, Deutsche landw. Presse 1900, S. 665. — Gedroiz, Russ. Journ. f. experim. Landw. 1905, S. 686. — Söderbaum, Jahresber. f. Agrikulturchem. Ref. 1903, S. 118.

⁷⁹⁾ Prjanischnikow, Landw. Versuchsst. 65, 23 [1906].

⁸⁰⁾ Schneidewind und D. Meyer, Landw. Jahrb. 39, Ergänzungsband 3, 236 [1910].

⁸¹⁾ Stoklasa, loc. cit. S. 147.

⁸²⁾ Schucht, Die chem. Düngerindustrie, Braunschweig 1906, S. 52. — Die Fabrikation des Superphosphates S. 316.

⁸³⁾ Prjanischnikow, Landw. Versuchsst. 75, 357.

⁸⁴⁾ J. Dumont, C. r. 132, 435 [1901], 148, 1205 [1909]. — Zit. nach Kleberger loc. cit. II, S. 75.

⁸⁵⁾ Stoklasa, loc. cit., S. 147.

⁸⁶⁾ Lemermann und Wießmann, Z. f. Pfl. u. Dü. 1922 (A), 185. — Z. f. Pfl. u. Dü. 1925 (A), 265. — Vgl. auch Fr. Duchon, ebendort 1925 (A), 316. — O. Lemmermann, ebendort 1925 (A), 326.

Obwohl die Untersuchungen von Stoklasa⁸⁷⁾, Czapek⁸⁸⁾ und anderen Forschern ergeben haben, daß die Phosphorsäure hauptsächlich als Orthophosphorsäure von den Pflanzen aufgenommen wird, und die übrigen anorganischen und organischen Phosphorverbindungen vor der Aufnahme in die Pflanze in solche Orthophosphate umgesetzt werden, dürfte auf Grund der Arbeiten von Tsuda⁸⁹⁾, Cavalier und Artus⁹⁰⁾, Aso und Yoshida⁹¹⁾ und Mitsuda⁹²⁾ anzunehmen sein, daß der Phosphor bei Mangel an anorganischen Verbindungen auch in organischer Form zur Aufnahme gelangt. Von den hierbei bisher in Betracht kommenden Körpern seien das Calciumglycerinphosphat, das Natriumdi- und Natriumtriäthylphosphat und das Natriummonoallylphosphat erwähnt. Nach Stoklasa⁹³⁾ ist jedoch die von den Japanern erprobte Düngerwirkung des Nukleins, Phytiins und Lezithins kein Beweis für die unmittelbare Aufnahme dieser Stoffe durch die Pflanze. Es dürften vielmehr diese Substanzen vorher durch die Enzyme der Mikroorganismen in anorganische Phosphatverbindungen übergeführt werden, zumal als Kida⁹⁴⁾ beobachtete, daß die erwähnten Körper um so bessere Wirkung zeigten, je mehr die enzymatische Spaltung erfolgt war. Von Wichtigkeit ist die Feststellung Teodorescos⁹⁵⁾, daß niedere Algen zwar den Phosphor der Nukleinsäure als Nahrungsquelle verwenden können, jedoch auch imstande sind, die Nukleinsäure aufzuspalten und so den Phosphor in anorganische Form zu verwandeln. (Schluß folgt.)

Deutsche Kommission zur Schaffung einheitlicher Untersuchungsmethoden für die Fettindustrie (Fettanalysen-Kommission).

Mit dieser Veröffentlichung legt die Fettanalysen-Kommission unter Bezugnahme auf den Beschuß der Generalversammlung der Wissenschaftlichen Zentralstelle für Öl- und Fettforschung vom 14. 5. 1925¹⁾ den ersten Abschnitt ihrer Beratungsergebnisse vor, um in der Zeit der Beratung weiterer Kapitel der Vorschläge für Einheitsmethoden (Verseifbares Fett, Physikalische Prüfungen, Farbreaktionen, Standards technischer Fette, Fettverarbeitungsprodukte usw.) bereits eine Diskussion der bisherigen Vorschläge bei den außerhalb der Kommission stehenden Fachkreisen herbeizuführen. Der folgende Entwurf ging zunächst aus den Beratungen des wissenschaftlichen Gremiums der Kommission hervor, dem zurzeit die Herren Geh. Rat Hold e, Berlin, als Vors., Prof. Dr. Askenasy, Karlsruhe, Dr. Auerbach, Hamburg, Prof. Dr. Franck, Berlin, Dr. Goldschmidt, Breslau, Dr. Greitemann, Cleve, Direktor Dr. Stadling e r, Prof. Dr. Schrauth und Dr. Wolff, sämtlich Berlin, ferner Dr. Grün, Aussig, und Dr. Schroeder, Berlin, als Gastmitglieder sowie K. Rietz, Berlin, als Sekretär angehören. In der Generalversammlung

⁸⁷⁾ Stoklasa, loc. cit.

⁸⁸⁾ F. Czapek, Biochem. d. Pflanzen. (G. Fischer, Jena.)

⁸⁹⁾ Tsuda, Journ. Coll. Agric. Tokio 1909.

⁹⁰⁾ Cavalier und Artus, Trav. sci. Univ. Rennes 6, I, 132.

⁹¹⁾ Aso und Yoshida, Journ. Coll. Agric. Tokio 1909, I, Nr. 2, 153.

⁹²⁾ Mitsuda, ebendort S. 163. Zit. nach Kleberger, loc. cit.

⁹³⁾ Stoklasa, loc. cit.

⁹⁴⁾ Kida, C. r. de l'acad. 155, 300 [1912].

⁹⁵⁾ Teodorescos, C. r. 155, 410 [1912].

¹⁾ Siehe Chem. Umsch. 32, 145 [1925].