

E 16/5

*Hodatsky kedves kollégáimnak  
szíveskedve a tartalma*

# Biochemische Zeitschrift

Unter Mitwirkung von

H. Ascoli-Catania, L. Asher-Bern, A. Bach-Moskau, M. Bergmann-Dresden, G. Bertrand-Paris, A. Bickel-Berlin, F. Blumenthal-Berlin, Fr. Boas-Weihenstephan, A. Bonanni-Rom, F. Bottazzi-Neapel, G. Bredig-Karlsruhe i. B., Wl. Butkewitsch-Moskau, M. Cremer-Berlin, R. Doerr-Basel, A. Durig-Wien, F. Ehrlich-Breslau, H. v. Euler-Stockholm, S. Flexner-New York, J. Forssman-Lund, S. Fränkel-Wien, E. Freund-Wien, H. Freundlich-Berlin, E. Friedberger-Greifswald, E. Friedmann-Berlin, E. Fromm-Wien, O. Fürth-Wien, F. Haber-Berlin, M. Hahn-Berlin, P. Hári-Budapest, F. Hayduck-Berlin, E. Hägg-lund-Abo, V. Henri-Paris, V. Henriques-Kopenhagen, R. O. Herzog-Berlin, K. Hesa-Berlin, W. Heubner-Göttingen, R. Höber-Kiel, M. Jacoby-Berlin, P. Karrer-Zürich, M. Kochmann-Halle a. S., R. Krimberg-Riga, F. Landolf-Buenos Aires, L. Langstein-Berlin, E. Laqueur-Amsterdam, O. Lemmermann-Berlin, E. J. Lesser-Mannheim, P. A. Levene-New York, L. v. Liebermann-Budapest, S. Loewe-Dorpat, A. Loewy-Davos, H. Lüers-München, Th. Madsen-Kopenhagen, A. Magnus-Levy-Berlin, J. A. Mandel-New York, E. Mangold-Berlin, L. Marchlewski-Krakau, P. Mayer-Karlsbad, J. Meisenheimer-Tübingen, O. Meyerhof-Berlin, L. Michaelis-Nagoya, H. Molisch-Wien, H. Murschauser-Düsseldorf, W. Nernst-Berlin, C. v. Noorden-Frankfurt a. M., W. Omellanski-Leningrad, W. Ostwald-Leipzig, A. Palladin-Charkow, J. K. Parnas-Lemberg, Th. Paul-München, W. Pauli-Wien, K. Pfeiffer-Breslau, E. P. Pick-Wien, L. Pincussen-Berlin, J. Pohl-Breslau, Ch. Porcher-Lyon, D. N. Prianischnikow-Moskau, H. Pringsheim-Berlin, P. Rona-Berlin, H. Sachs-Heidelberg, S. Salaskin-Leningrad, T. Sasaki-Tokio, B. Sbarsky-Moskau, A. Scheunert-Leipzig, A. Schlossmann-Düsseldorf, E. Schmitz-Breslau, S. P. L. Sörensen-Kopenhagen, K. Spiro-Basel, E. H. Starling-London, J. Stoklasa-Prag, W. Straub-München, K. Suto-Kanazawa, U. Suzuki-Tokio, H. v. Tappeler-München, K. Thomas-Leipzig, H. Thoms-Berlin, C. Tigerstedt-Helsingfors, P. Trendelenburg-Freiburg i. Br., O. Warburg-Berlin, G. v. Wendt-Helsingfors, E. Widmark-Lund, W. Wichowski-Prag, A. Wohl-Danzig, J. Wohlgemuth-Berlin, N. Zelinsky-Moskau

herausgegeben von

**C. Neuberg-Berlin**

*Sonderabdruck aus 165. Band, Heft 1/3*

J. Bodnár:

**Biochemie des Phosphorsäurestoffwechsels der höheren Pflanzen. I.**



Berlin

Verlag von Julius Springer

1925

Die

## Biochemische Zeitschrift

erscheint in zwanglosen Heften, die in kurzer Folge zur Ausgabe gelangen; je sechs Hefte bilden einen Band. Der Preis des Bandes beträgt *M* 28,—.

*In der Regel können Originalarbeiten nur Aufnahme finden, wenn sie nicht mehr als 1½ Druckbogen umfassen. Sie werden mit dem Datum des Eingangs versehen und der Reihe nach veröffentlicht, sofern die Verfasser die Korrekturen rechtzeitig erledigen. — Mitteilungen polemischen Inhalts werden nur dann zugelassen, wenn sie eine tatsächliche Richtigstellung enthalten und höchstens zwei Druckseiten einnehmen.*

*Manuskriptsendungen sind an den Herausgeber, Herrn Prof. Dr. C. Neuberg, Berlin-Dahlem, Hittorfstr. 18, zu richten.*

*Das Honorar beträgt M 40,— für den 16 seitigen Druckbogen.*

*Die Verfasser erhalten bis 100 Sonderabdrucke ihrer Abhandlungen kostenfrei bis zu einem Umfang von 1½ Druckbogen, von größeren Arbeiten nur bis 75. Doch bittet der Verlag, nur die zur tatsächlichen Verwendung benötigten Exemplare zu bestellen. Über die Freixemplare hinaus bestellte Sonderdrucke werden berechnet. Die Herren Mitarbeiter werden jedoch in ihrem eigenen Interesse dringend gebeten, sich, wenn irgend möglich, mit der kostenfrei zur Verfügung gestellten Anzahl zu begnügen, und falls mehr Exemplare unbedingt erforderlich sind, deren Kosten vorher vom Verlage zu erfragen, um unliebsame Überraschungen zu vermeiden.*

### Verlagsbuchhandlung Julius Springer

Berlin W 9, Linkstraße 23/24.

165. Band.

Inhaltsverzeichnis.

Heft 1/3.

	Seite
<b>Bodnár, J.</b> Biochemie des Phosphorsäurestoffwechsels der höheren Pflanzen. I. Mitteilung: Über die enzymatische Überführung der anorganischen Phosphorsäure in organische Form . . . . .	1
<b>Bodnár, J., Charlotte Szepessy und Johann Ferenczy.</b> Die Anwendung der Neubergschen Acetaldehyd-Abfangmethode bei der alkoholischen Gärung höherer Pflanzen . . . . .	16
<b>Euler, H. v.</b> Über das Wachstum von Mikroorganismen auf bestrahlten lipoidhaltigen Nährböden. I. . . . .	23
<b>Hafner, E. A.</b> Zur Nomenklatur der Serumweißkörper und der verschiedenen Serumviskositäten . . . . .	29

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe 3. Umschlagseite

# Biochemie des Phosphorsäurestoffwechsels der höheren Pflanzen.

I. Mitteilung:

Über die enzymatische Überführung der anorganischen Phosphorsäure  
in organische Form<sup>1)</sup>.

Von

J. Bodnár.

(Aus dem kgl. ungarischen pflanzenbiochemischen Institut Budapest, aus dem medizinisch-chemischen Institut der Universität Debrecen und aus dem chemischen Institut der Universität Szeged.)

(Eingegangen am 26. August 1925.)

## Theoretischer Teil.

Die große Bedeutung des Phosphors im Stoffwechsel der Pflanzen und überhaupt in den lebenden Organismen ist allgemein bekannt; über die nähere Art seiner Teilnahme im Stoffwechsel — gerade in den höheren Pflanzen — verfügen wir aber keineswegs mit jenen tieferen Kenntnissen, welche die große praktische Bedeutung der Frage erfordern. Es ist so viel bekannt, daß die durch die Wurzel der Pflanzen als Phosphate aufgenommene Phosphorsäure in verschiedene organische Phosphorverbindungen (Nucleoproteide, Nucleoalbumine, Phosphatide, Phytin) überführt wird, von denen während der Entwicklung der Pflanzen Phosphorsäure abgespalten werden kann<sup>2)</sup>.

So sind z. B. die Samen reich an organischen Phosphorverbindungen und enthalten kaum oder gar keine anorganische Phosphorsäure<sup>3)</sup>, dagegen kann man in keimenden Samen sehr viel Phosphorsäure nach-

<sup>1)</sup> Die in dieser Mitteilung beschriebenen Untersuchungen wurden noch im Jahre 1920 durchgeführt.

<sup>2)</sup> L. Iwanoff, Jahrb. f. wissensch. Bot. 36, 355, 1901.

<sup>3)</sup> E. Schulze und N. Castaro, Zeitschr. f. physiol. Chem. 41, 475, 1904; W. Windisch und W. Vogelsang, Chem. Centralbl. 77, II, 1573, 1906; W. Windisch, ebendasselbst 78, I, 1439, 1907; A. Stutzer, diese Zeitschr. 7, 471, 1908; W. Vorbrodt, Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie, Série A, 1910, S. 414; L. Adler, Chem. Centralbl. 83, II, 1162, 1912; A. Rippel, diese Zeitschr. 103, 163, 1920.



weisen<sup>1)</sup>. Die Abspaltung der Phosphorsäure aus den organischen Phosphorverbindungen wird in den höheren Pflanzen durch gewisse Enzyme (Phosphatase) besorgt; in die Enzymologie des Phosphorsäurestoffwechsels gehört unter anderem auch diese Frage, ob der stimulierende Einfluß der Phosphate auf die Atmung der Pflanzen mit der enzymatischen Überführung der Phosphorsäure in organische Form im Zusammenhang stehe, so wie das bei der Hefe bekannt ist.

In dieser Mitteilung wird die auf die Enzymologie des Phosphorsäurestoffwechsels der höheren Pflanzen sich beziehende ganze Literatur bekannt gemacht, um in den späteren Mitteilungen nur einfach auf dieselbe hinzuweisen.

Erstens hat *Iwanoff*<sup>1)</sup> das Vorhandensein eines Enzyms in Keimpflanzen von *Vicia sativa* konstatiert, welches aus den Nucleoalbuminen und aus den löslichen organischen Phosphorverbindungen Phosphorsäure abspaltet. *Zaleski*<sup>2)</sup> unterwarf das aus den getrockneten Keimpflanzen der *Lupinus angustifolius* gewonnene Mehl einer Autolyse und fand, daß sich die Menge der phosphorenhaltenden Eiweißstoffe und der Phosphatide in der ungekochten Probe verringert, dagegen die anorganische Phosphorsäure vermehrt habe.

Es wurden von *Zaleski*<sup>3)</sup> in *Vicia Faba* und *Weizenkeimen*, von *Theoderesco*<sup>4)</sup> in den jungen Blättern der *Pteris aquilina*, von *Tschernorutzky*<sup>5)</sup> im *Emulsin* das Vorhandensein eines aus Nucleinsäure Phosphorsäure frei machenden Enzyms nachgewiesen. *Plimmer*<sup>6)</sup> untersuchte die Wirkung der Kleie auf aus Weizen, Fleisch und Thymus hergestellten Nucleinsäuren und fand nur aus der vom Thymus stammenden Nucleinsäure eine Phosphorsäureabspaltung. *Suzuki*, *Yoshimura* und *Takaishi*<sup>7)</sup> fanden, daß in den wässerigen Extrakten verschiedener Samen (Weizen, Reis, Raps) die Menge der anorganischen Phosphorsäure während des Stehens sich vermehrte, was sie auf die Wirkung eines aus den organischen Phosphorverbindungen des Extraktes — in erster Linie aus Phytin — Phosphorsäure abspaltenden Enzyms zurückführten; es gelang ihnen, aus Reis das Phytin spaltende Enzym, welches sie Phytase nannten, zu isolieren. Nach den Untersuchungen von *Windisch* und *Vogelsang*<sup>8)</sup> spaltet sich aus den in Gerste und Malz befindlichen organischen Phosphorverbindungen auf enzymatische Wirkung Phosphorsäure ab. *Windisch*<sup>9)</sup> und *Reiser*<sup>10)</sup> haben festgestellt, daß die

<sup>1)</sup> *L. Iwanoff*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. **20**, 366, 1902; *W. Zaleski*, ebendasselbst **20**, 426, 1902.

<sup>2)</sup> *W. Zaleski*, ebendasselbst **24**, 285, 1906; **29**, 146, 1911.

<sup>3)</sup> l. c.

<sup>4)</sup> *E. C. Theoderesco*, C. r. **155**, 554, 1912.

<sup>5)</sup> *H. Tschernorutzky*, Zeitschr. f. physiol. Chem. **80**, 298, 1912.

<sup>6)</sup> *R. H. A. Plimmer*, Chem. Centralbl. **84**, II, 1130, 1913.

<sup>7)</sup> *U. Suzuki*, *K. Yoshimura* und *M. Takaishi*, Biochem. Centralbl., zitiert nach *W. Worbrot*, l. c.

<sup>8)</sup> *W. Windisch* und *W. Vogelsang*, l. c.

<sup>9)</sup> *W. Windisch*, Chem. Centralbl. **79**, I, 865, 1908.

<sup>10)</sup> *W. Windisch* und *H. Reiser*, Wochenschr. f. Brauerei **29**, 288, 299, 313, 1912.

bei der Keimung der Gerste entstehende Phytase aus Phytin Phosphorsäure abspaltet. Nach *Worbrodt*<sup>1)</sup> wird aus den in verdünnter Essigsäure löslichen, sowie auch unlöslichen organischen Phosphorverbindungen der Gerste und des Maises durch die Wirkung der in den Samen vorhandenen Enzyme Phosphorsäure abgespalten. Diese Enzyme sind in der Gerste fertig zu finden, im Mais entstehen sie dagegen nur während der Keimung in größerer Menge. *Adler*<sup>2)</sup> untersuchte die Verteilung der Phosphorsäure in Gerste, Malz und Malzkeimen. Er stellte fest, daß nicht nur das Malz und die Malzkeime, sondern auch die ruhenden Gerstensamen ein wenig anorganischen Phosphor enthalten, und daß die Menge desselben beim Auslaugen mit Wasser wegen der Phosphorsäureabspaltung aus den organischen Phosphorverbindungen durch Enzyme erhöht wird. Wenn man aus der Gerste nur die ursprünglich anwesende anorganische Phosphorsäure herauslösen will, so muß man die Phosphorsäure abspaltenden Enzyme (Phosphatasen) vorher durch Kochen mit Alkohol inaktivieren. *Adler*<sup>3)</sup> unterschied im Malz zwei Phosphatasen voneinander; die eine bringt aus den unlöslichen Phosphorverbindungen den organischen Phosphatkomplex in die Lösung, aus welchem dann das andere Enzym Phosphorsäure abspaltet. Weiter zeigt er, daß aus dem zum Malzextrakt hinzugefügten Phytin Phosphorsäure abgespalten wird, und es gelang ihm, durch die aus grünem Malzextrakt in festem Zustande gewonnene Phytase 72 Proz. des Phytins zu spalten.

Es ist bekannt, daß der Lecithingehalt der im Dunkeln keimenden Samen während der Keimung abnimmt<sup>4)</sup>. Nach den Untersuchungen von *Stoklasa*<sup>5)</sup> können die Pflanzen ihren Phosphorsäurebedarf aus dem zur sterilen Nährsalzlösung hinzugefügten Lecithin decken. Dagegen assimilieren die Pflanzen die Lecithinphosphorsäure nach den Untersuchungen von *Schulow*<sup>6)</sup> aus einer von Bakterien vollständig freien Nährsalzlösung nicht. *Zlataroff*<sup>7)</sup> fand, daß eine Lecithinemulsion die Keimung der Samen von *Cicer arietinum* stimuliert. Auf Grund dieser Erfahrungen ist wahrscheinlich, daß die höheren Pflanzen ein vom Lecithin Phosphorsäure abspaltendes Enzym enthalten. Die Anwesenheit eines aus der Glycerinphosphorsäure Phosphorsäure abspaltenden Enzyms (Glycerophosphatase) in Ricinussamen hat *Plimmer*<sup>8)</sup> nachgewiesen. Nach *Falk* und *Sugiura*<sup>9)</sup> ist die in den Ricinussamen vorhandene Esterase gleich der Glycerophosphatase. Aus den Untersuchungen von *Němec*<sup>10)</sup> ist es ersichtlich, daß die Glycerophosphatase in den Pflanzen sehr verbreitet ist; die Ölsamen spalten die Glycerinphosphorsäure am stärksten, die Eiweißsamen weniger, die Stärkesamen nur in Spuren. Nachdem nur 50 Proz. der Glycerinphosphorsäure gespalten werden [vor den Unter-

1) *W. Worbrodt*, l. c.

2) *L. Adler*, Chem. Centralbl. 83, II, 1162, 1912.

3) *Derselbe*, diese Zeitschr. 70, 1, 1915; 75, 319, 1916.

4) *F. Czapek*, Biochemie der Pflanzen I, 777, 1913.

5) *J. Stoklasa*, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 104, 712, 1895; Biochemischer Kreislauf des Phosphations im Boden, 1911, S. 41.

6) *Iw. Schulow*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 31, 97, 1913.

7) *As. Zlataroff*, diese Zeitschr. 75, 200, 1916.

8) *R. H. A. Plimmer*, l. c.

9) *K. G. Falk* und *K. Sugiura*, Chem. Centralbl. 86, I, 1271, 1915.

10) *A. Němec*, diese Zeitschr. 93, 94, 1919.

suchungen von Nĕmec hatten Neuberg und Karczag<sup>1)</sup> bei der Hefe Ähnliches gefunden], hält es Nĕmec für wahrscheinlich, daß die Glycerophosphatase der Samen nur aus der d-Glycerinphosphorsäure (diese ist im Lecithin vorhanden) Phosphorsäure abspaltet. Nach den neueren Untersuchungen von Nĕmec<sup>2)</sup> hängt die Fähigkeit der Samen, Glycerinphosphorsäure zu zersetzen, von der Wasserstoffionenkonzentration der Lösung bzw. der Samen ab.

In den höheren Pflanzen sind nicht nur solche Phosphatasen zu finden, welche die in denselben vorhandenen Phosphorverbindungen zersetzen, sondern auch solche, welche aus den bisher in den Pflanzen nicht nachgewiesenen organischen Phosphorverbindungen Phosphorsäure abspalten.

Nach Plimmer<sup>3)</sup> ist ein den Phosphorsäureäthylester hydrolysierendes Enzym im Ricinussamen und in der Kleie vorhanden. Harding<sup>4)</sup> hat in der Ricinuslipase und im Emulsin, Plimmer<sup>5)</sup> in Ricinussamen und in der Kleie, Euler und B. Euler<sup>6)</sup> in den Platanblättern und in keimender Gerste die Gegenwart eines aus dem Hexosephosphorsäureester Phosphorsäure abspaltenden Enzyms (Hexosephosphatase) nachgewiesen. Nach den Untersuchungen von Nĕmec und Duchou<sup>7)</sup> ist die Saccharosephosphatase, welche aus dem von Neuberg und Pollak<sup>8)</sup> dargestellten Rohrzuckerphosphorsäureester Phosphorsäure abspaltet, in den Pflanzen sehr verbreitet; aus den Daten ihrer Untersuchungen kann festgestellt werden, daß die Saccharosephosphatase keineswegs mit der Glycerophosphatase identisch ist.

Aus der angeführten Literatur ist ersichtlich, daß über die aus organischen Phosphorverbindungen Phosphorsäure abspaltenden Enzyme (Phosphatasen) der höheren Pflanzen mehrere Forscher viele Daten berichtet haben. Es ist hingegen in den höheren Pflanzen ein solches Enzym — außer einem nicht näher untersuchten Falle [die Untersuchungen von Euler und Kullberg<sup>9)</sup> mit Hafer] — nicht bekannt, welches die Überführung der Phosphorsäure in organische Form katalysiert. Abgesehen von einer in dieser Richtung ebenfalls von Euler und Kullberg ausgeführten Untersuchung mit dem Mycelium des *Aspergillus niger*, wissen wir bisher nur von der Hefe, daß sie ein Enzym enthält, welches fähig ist, die Phosphorsäure in organische Form zu überführen<sup>10)</sup>.

<sup>1)</sup> C. Neuberg und L. Karczag, diese Zeitschr. **36**, 60, 1911.

<sup>2)</sup> A. Nĕmec, ebendasselbst **138**, 198, 1923.

<sup>3)</sup> R. H. A. Plimmer, l. c.

<sup>4)</sup> V. J. Harding, Proc. Roy. Soc. **85**, 418, 1912.

<sup>5)</sup> R. H. A. Plimmer, l. c.

<sup>6)</sup> H. Euler und B. Euler, Zeitschr. f. physiol. Chem. **92**, 292, 1914.

<sup>7)</sup> A. Nĕmec und F. Duchou, diese Zeitschr. **119**, 73, 1921.

<sup>8)</sup> C. Neuberg und H. Pollak, ebendasselbst **23**, 515, 1910; **26**, 514, 1910.

<sup>9)</sup> H. Euler und S. Kullberg, Zeitschr. f. physiol. Chem. **74**, 15, 1911.

<sup>10)</sup> In letzterer Zeit konnte A. J. Virtanen (Zeitschr. f. physiol. Chem. **138**, 136, 1924) mit dem Trockenpräparat von *B. casei* E. eine Bindung des Phosphats an Zucker konstatieren.

*Iwanoff*<sup>1)</sup>, *Harden* und *Young*<sup>2)</sup> haben gleichzeitig, aber voneinander unabhängig festgestellt, daß das zu einer mit Preßsaft oder Trockenhefe gärenden Zuckerlösung zugefügte Alkaliphosphat in eine mit Magnesia-mixtur nicht ausfällbare organische Verbindung (Zuckerphosphorsäureester) übergeht.

Die Meinungen über die Zusammensetzung des in gärender Zuckerlösung entstandenen Phosphorsäureesters waren im Anfang verschieden. *Iwanoff*<sup>3)</sup> hielt ihn für Triosephosphorsäureester, *Lebedew*<sup>4)</sup> für Hexosemonophosphorsäureester und *Young*<sup>5)</sup> für Fructosediphosphorsäureester. *Euler* und *Fodor*<sup>6)</sup> gaben an, daß neben Hexosediphosphorsäureester auch Triosephosphorsäureester entsteht.

*Neuberg* und *Mitarbeiter*<sup>7)</sup> bestätigen die Resultate von *Young*, daß aus dem zur gärenden Zuckerlösung hinzugefügten Alkaliphosphat Fructosediphosphorsäureester entsteht.

Nach *Iwanoff*<sup>8)</sup> geschieht die Esterifizierung der Phosphorsäure nicht nur in gärender Zuckerlösung, sondern auch im Filtrat einer mit Hefanol in Gärung gebrachten Zuckerlösung, und zwar durch die Wirkung des im Filtrat vorhandenen, von *Iwanoff* Syntese genannten Enzyms. *Harden* und *Young*<sup>9)</sup> behaupten jedoch, daß die Entstehung der Zuckerphosphorsäure und die alkoholische Gärung gleichzeitig sich vollziehende Reaktionen sind, ohne alkoholische Gärung gibt es keine Esterifizierung der Phosphorsäure. *Euler* und *Mitarbeiter*<sup>10)</sup> berichten in mehreren Mitteilungen von den Untersuchungen über das phosphorsäureesterifizierende Enzym der Hefe. Sie fanden, daß das phosphorsäureesterifizierende Enzym von Zymase trennbar ist; wenn sie zu dem wässrigen und den Zucker nicht vergärenden (also Zymase nicht enthaltenden) Auszug der Trockenhefe, „H“ eine mit lebender Hefe nur teilweise vergorene Zuckerlösung und Alkaliphosphat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) zufügten, so beobachteten sie, daß mit der Zeit der anorganische Phosphorsäuregehalt der Lösung sich verminderte und schließlich verschwand, und diese Reaktion vollzog sich ohne Entstehung von  $\text{CO}_2$ . Die nicht vollständig vergorene Zuckerlösung enthält also eine solche Substanz, welche die Phosphorsäure durch die Wirkung des im wässrigen Auszuge der Trockenhefe „H“ vorhandenen und von *Euler*

1) *L. Iwanoff*, Travaux Soc. des Naturalistes. St. Petersburg 1905.

2) *A. Harden* und *W. J. Young*, Proc. Chem. Soc. **21**, 189, 1905; diese Zeitschr. **32**, 173, 1911.

3) *L. Iwanoff*, Zeitschr. f. physiol. Chem. **50**, 281, 1906/07; Centralbl. f. Bakt. **24**, Abt. II, S. 1, 1909.

4) *A. Lebedew*, diese Zeitschr. **20**, 114, 1909; **28**, 213, 1910.

5) *W. J. Young*, Proc. Roy. Soc. B **81**, 528, 1909; diese Zeitschr. **32**, 188, 1911.

6) *H. Euler* und *A. Fodor*, diese Zeitschr. **36**, 401, 1911; **86**, 337, 1918.

7) *C. Neuberg*, *E. Färber*, *A. Levite* und *E. Schwenk*, diese Zeitschr. **83**, 244, 1917; **88**, 432, 1918.

8) *L. Iwanoff*, l. c.

9) *A. Harden* und *W. J. Young*, Centralbl. f. Bakt. **26**, 178, 1910.

10) *H. Euler* und *S. Kullberg*, l. c.; *H. Euler* und *Hj. Ohlsén*, diese Zeitschr. **37**, 313, 1911; Zeitschr. f. physiol. Chem. **76**, 468, 1911; *H. Euler*, diese Zeitschr. **41**, 215, 1912; *H. Euler* und *D. Johanson*, Zeitschr. f. physiol. Chem. **80**, 175, 205, 1912; *H. Euler*, *Hj. Ohlsén* und *D. Johanson*, diese Zeitschr. **84**, 402, 1917.

„Phosphatase“ genannten Enzyms bindet. Gleich der teilweise vergorenen Zuckerlösung verhält sich die reine Fructose und die vorher mit Alkali behandelte Glucoselösung. Es ist interessant, daß von den untersuchten Trockenhefearten ein zymasefreier und Phosphatase enthaltender Extrakt nur von der genannten Hefe „H“ gewonnen werden konnte.

Mit der Frage, in welcher Weise sich die Esterifizierung der Phosphorsäure bei der alkoholischen Gärung vollzieht, will ich mich hier nicht befassen, ich erwähne nur so viel, daß *Neuberg*<sup>1)</sup> in einer mit dieser Frage sich beschäftigenden Mitteilung mit vollem Rechte sagt: „Nach alledem liegt der Anteil der Phosphorylierung noch nicht klar zutage, und man wird, ohne eine Bedeutung des Vorganges in Abrede stellen zu wollen, doch kaum behaupten können, daß in der Fructose-diphosphorsäure die zwangsläufige Bindungsform des Zuckers bei normalem Gärakt festgestellt worden ist. Auch ein Zusammenhang der Veresterung mit dem eigentlichen Abbau ist nicht durchsichtig, denn das phosphorylierte Zuckermolekül ist ja in die Spaltung keineswegs einbezogen, sondern soll immer wieder Hexose zurückergeben. Bei alledem darf durchaus nicht der spezifische Einfluß des Phosphations verkannt werden.“

Ausgehend von der stimulierenden Wirkung der Alkaliphosphate auf die alkoholische Gärung, wurde der Einfluß derselben auf die der alkoholischen Gärung ähnlichen Vorgänge, so in erster Linie auf die Atmung der höheren Pflanzen, von mehreren Forschern untersucht. Diesen Untersuchungen anschließend, bestrebte man sich, ein dem phosphorsäureesterifizierenden Enzym der Hefe ähnliches Enzym (eine Phosphatase) in den höheren Pflanzen nachzuweisen. Dieses Bestreben führte jedoch — wie wir später sehen werden — zu keinem positiven Resultat.

*Kostytschew*<sup>2)</sup> gab an, daß die mit Zymin vergorene Zuckerlösung die Atmung der Weizenkeime stark stimuliert, diese Wirkung konnte er aber nicht auf den Phosphatgehalt der vergorenen Zuckerlösung zurückführen. Nach den Untersuchungen von *Iwanoff*<sup>3)</sup> stimuliert eine 1proz.  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung stark die Atmung der Weizenkeime (sie waren nicht keimfähig) und der geforenen Keimspitzen der Keimpflanzen von etiolierten *Vicia faba*, die Atmung der lebenden (nicht geforenen) Keimspitzen dagegen nicht. Das saure  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  hatte keine Wirkung. Bezüglich des Ursprungs der vermehrten  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung durch die Wirkung der Phosphate sagt *Iwanoff* folgendes: „Die vermehrte  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung geht auf Kosten des primären anaeroben Prozesses vor sich, weil sie im Wasserstoff beobachtet wird und den Atmungsquotienten steigert.“ *Iwanoff*<sup>4)</sup> vollführte mit verschiedenen lebenden und getöteten (pulverisierten und mit Aceton behandelten) pflanzlichen Objekten Atmungsversuche und fand, daß durch die Wirkung der  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung (insbesondere im Falle von vermahlenden Viktoriaerbsen) sich in großem Maße

1) *C. Neuberg*, diese Zeitschr. **103**, 320, 1920.

2) *S. Kostytschew*, diese Zeitschr. **15**, 164, 1908.

3) *N. Iwanoff*, Bull. de l'Acad. des Sciences de St. Petersburg, VI. Ser., 1910, S. 303; diese Zeitschr. **32**, 74, 1911.

4) *L. Iwanoff*, diese Zeitschr. **25**, 171, 1910.

erhöht. Seine Versuche mit lebenden Samen (ohne Toluol) können wegen der 92stündigen Versuchsdauer nicht als verlässlich anerkannt werden. Nach den Untersuchungen von *Zaleski* und *Reinhardt*<sup>1)</sup> wurde die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung der vom *Pisum sativum* (Viktoriasorte), *Zea Mays* und *Lupinus angustifolius* hergestellten Samenmehle durch eine 1proz.  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung stark stimuliert, auf die Atmung des Weizenmehls dagegen war sie von einer verändernden Wirkung. Das saure Phosphat verminderte in jedem Falle die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung. Nach den Autoren stimuliert das  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  nicht nur die anaerobe, sondern auch die aerobe Atmung, und das Phosphat kann eine direkte Wirkung auf die aerobe Atmung ausüben, denn nach den Erfahrungen der Verfasser wirkte das Phosphat auch auf die Oxydase, Katalase und Reduktase stimulierend. *Iwanoff*<sup>2)</sup> bezweifelte die Reizwirkung des Phosphats auf die aerobe Atmung und führte den stimulierenden Einfluß des  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  auf die Oxydase, Katalase und Reduktase, auf die alkalische Reaktion des Phosphats zurück. *Zaleski* und *Reinhardt*<sup>3)</sup> fanden später auch, daß das Phosphat nur die anaerobe  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung stimuliert. *Kostytschew* und *Scheloumoff*<sup>4)</sup> haben gefunden, daß die alkalische  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung die Atmung der nicht keimfähigen Weizenkeime stark stimuliert, das neutrale Phosphat stimuliert sie in verdünnter (1proz.) Lösung nur wenig, eine konzentrierte (3proz.) Lösung verhinderte die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung, und nachdem eine verdünnte  $\text{NaOH}$ - oder  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Lösung ebenfalls eine stimulierende Wirkung besaß, ist nach der Meinung der Verfasser die Reizwirkung der  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung nicht auf die Phosphorsäure, sondern auf die alkalische Reaktion derselben zurückzuführen. Die Untersuchungen von *Zaleski* und *Marx*<sup>5)</sup> bestätigen auch die stimulierende Wirkung der  $\text{NaOH}$ -Lösung auf die Atmung des Erbsenmehls. Als *Kostytschew*<sup>6)</sup> zum erstenmal den Einfluß der  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung auf die Atmung der Weizenkeime untersuchte, fand er die Vermehrung der  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung wahrscheinlich darum nicht, weil er als Untersuchungsobjekt keimfähige Weizenkeime benutzte. Auf Grund der neueren Untersuchungen von *Kostytschew*<sup>7)</sup> und seinen Schülern kann es als eine endgültig entschiedene Tatsache betrachtet werden, daß das  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung der lebenden pflanzlichen Objekte nicht stimuliert (das  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  kann nicht in die Zellen eindringen) und nur auf die postmortale Atmung eine Reizwirkung ausüben kann.

Aus der Tatsache, daß von den Alkaliphosphaten nur das alkalisch reagierende  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  sowie  $\text{NaOH}$  und  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  die postmortale pflanzliche Atmung stimulieren, kann doch nicht die Folgerung gezogen werden, daß das Phosphat keine direkte Rolle im Stimulieren besitzt. Auch bei der Hefe wurde eine günstige Wirkung der alkalischen Salze auf die enzymatische alkoholische Gärung beobachtet, und im Anfang wurde die

1) *W. Zaleski* und *A. Reinhardt*, diese Zeitschr. **27**, 450, 1910.

2) *L. Iwanoff*, ebendasselbst **29**, 397, 1910.

3) *W. Zaleski* und *A. Reinhardt*, ebendasselbst **35**, 228, 1911.

4) *S. Kostytschew* und *A. Scheloumoff*, Jahrb. f. wissensch. Bot. **50**, 157, 1911.

5) *W. Zaleski* und *E. Marx*, diese Zeitschr. **43**, 1, 1912.

6) *S. Kostytschew*, l. c.

7) *S. Kostytschew*, *W. Brilliant* und *A. Scheloumoff*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. **31**, 432, 1913.

Wirkung des  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  auf dessen alkalische Reaktion zurückgeführt<sup>1)</sup>. *Iwanoff*<sup>2)</sup> verleiht dem Phosphat eine direkte Rolle bei der Stimulierung der Atmung: „Die gesteigerte  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung kann auf keinen Fall durch die Reizwirkung des Phosphats erklärt werden, da es auch an abgetöteten Objekten beobachtet wird. Letzterer Umstand gibt uns das Recht, die Bildung einer esterartigen Phosphor-Kohlenhydratverbindung anzunehmen.“ In gleichem Sinne erklärt *L. Iwanoff*<sup>3)</sup>: „Es scheint also, daß überall, wo eine anaerobe  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung vorliegt, eine Stimulation dieser Ausscheidung durch Phosphate erfolgt. Wir müssen also auch hier, bei höheren Pflanzen, wie bei Hefe, eine direkte unmittelbare Teilnahme der Phosphorsäure an der Ausscheidung dieser Kohlensäure annehmen.“ Zuerst wurde von *Zaleski* und *Reinhardt*<sup>4)</sup> nachgewiesen, daß in dem in Wasserstoff atmenden Erbsenmehl nebst  $\text{CO}_2$  auch Alkohol entsteht. *Iwanoff*<sup>5)</sup> fand, daß in dem an der Luft atmenden Erbsenmehl (im Gegensatz zu den lebenden Samen) sich auch Alkohol bildet ( $\text{CO}_2 : \text{C}_2\text{H}_6\text{O} = 67,8; 80$ ). So stimuliert das  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  eine solche Reaktion, bei welcher nebst  $\text{CO}_2$  auch Alkohol entsteht. Darauf bezüglich, ob im Erbsenmehl auch die Alkoholausscheidung durch  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  gesteigert wird, haben die genannten Autoren keine Versuche ausgeführt. Aus einer mit *Piroska Hoffner* gemeinsam durchgeführten Untersuchung (noch nicht publiziert) stellte sich heraus, daß das  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  auch im Erbsenmehl die Ausscheidung des Alkohols steigert. Auf Grund all dieser Untersuchungen ist es sehr wahrscheinlich, daß die stimulierende Wirkung des  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  auf die pflanzliche postmortale Atmung mit der Überführung der anorganischen Phosphorsäure in die organische Form in Beziehung steht, wie das bei der enzymatischen alkoholischen Gärung bekannt ist.

*Iwanoff*<sup>6)</sup> bestrebte sich, die Umwandlung des zum Erbsenmehl zugefügten  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  in die organische Form nachzuweisen, darüber sagt er folgendes: „Meine Bemühungen, eine solche Synthese bei der Gärung des Erbsenmehls zu konstatieren, haben jedenfalls bis jetzt fehlgeschlagen.“ *Iwanoff* hält es für wahrscheinlich, daß der entstandene Phosphorsäureester während der Atmung sofort wieder zersetzt wird, und darum konnte er nicht nachgewiesen werden. Die in dieser Richtung vollführten Versuche von *Zaleski* und *Marx*<sup>7)</sup> führten ebenfalls zu negativen Resultaten: „Dennoch haben unsere Bemühungen, eine Synthese von Hexosephosphaten, die bei der Hefegärung sich bilden, zu finden, zu keinem positiven Resultat geführt. So konnten wir keine Bildung der organischen Phosphorsäureverbindung in Erbsensamen und Weizenkeimen sowie in den aus diesen Objekten

1) *E. Buchner, H. Buchner* und *M. Hahn*, Die Zymasegärung, S. 140, 1903.

2) *N. Iwanoff*, l. c.

3) *L. Iwanoff*, diese Zeitschr. 25, 171, 1910.

4) *W. Zaleski* und *A. Reinhardt*, l. c.

5) *L. Iwanoff*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 29, 563, 622, 1911.

6) *Derselbe*, l. c.

7) *W. Zaleski* und *E. Marx*, l. c.

bereiteten Extrakten nach dem Zusatz von Phosphaten, Glucose und Gärungsprodukten derselben finden.“

Im Gegensatz zu den negativen Resultaten der genannten Autoren gelang es mir nachzuweisen, daß der anorganische Phosphorsäuregehalt des aus Erbsenmehl und  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung hergestellten Breies sich ohne Zugabe von anderen Substanzen (Zucker, vergorene Zuckermischung) schon nach dreistündigem Stehen verringerte, nach Verlauf von 24 Stunden verschwand er fast vollständig, wobei man darauf schließen kann, daß die anorganische Phosphorsäure — mit großer Wahrscheinlichkeit durch Esterifizierung — in organische Form übergeführt wurde. Diese Reaktion verläuft durch die Wirkung eines Enzyms, denn das vorher einer höheren Temperatur ausgesetzte Erbsenmehl besaß nicht mehr die Fähigkeit, das anorganische Phosphat in organische Form zu überführen. Nach dem Versuch von *Zaleski*<sup>1)</sup> scheidet das mit Methylalkohol extrahierte Erbsenmehl kein  $\text{CO}_2$  aus, und ein solches Erbsenmehl trat auch nicht mit  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  in Reaktion.

#### Experimenteller Teil.

Zur Herstellung des Erbsenmehls wurden gesunde Erbsensamen (Viktoriaforte) 2 bis 3 Stunden lang in Wasser eingeweicht, die abgeschälten Samen bei  $30^\circ$  getrocknet, in einer Samemmühle gemahlen und durch ein dichtes Metallsieb durchgeseibt.

Zur Herstellung der zu den Untersuchungen gebrauchten  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung wurden 25 g kristallinisches, chemisch reines  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  in 500 ccm Wasser gelöst und der genaue Phosphorsäuregehalt der Lösung gravimetrisch bestimmt. 5 ccm dieser Lösung enthielten im Mittel 0,0528 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Alle Untersuchungen wurden in folgender Weise durchgeführt: Vom Erbsenmehl wurden 5 g in einem trockenen Reagenzglas von 200 ccm abgewogen, 5 ccm  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung und 1 ccm Toluol hinzugefügt, dann mit einem 4 bis 5 cm langen, in einem längeren Metallrohr leicht ein- und ausschiebbaren Glasstäbchen gleichmäßig durchgerührt; das Stäbchen in die Flasche fallen lassend, ging von dem Inhalt derselben nichts verloren. Der so gewonnene Erbsenbrei wurde bei Zimmertemperatur oder im Brutschrank stehengelassen, nach Ablauf der Versuchsdauer wurden 44 ccm destillierten Wassers aus einer Bürette in die Flasche fließen gelassen, dann eine Messerspitze  $\text{NaCl}$  und 1 ccm 20proz. Essigsäure hinzugefügt, durchgeschüttelt, und nach einigen Minuten langem Stehen wurde durch ein trockenes Faltenfilter in einen trockenen Kolben abfiltriert. In 25 ccm des gewonnenen, gelblich opalisierenden Filtrats wurde die Menge der

<sup>1)</sup> *W. Zaleski*, diese Zeitschr. 31, 195, 1911.

anorganischen Phosphorsäure bestimmt, welche, abgezogen von dem Phosphorsäuregehalt der hinzugefügten 5 ccm  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung, die Menge der durch das Erbsenmehl in organische Form überführten Phosphorsäure ergab. Zur Bestimmung der im Filtrat befindlichen Phosphorsäure ergab sich die Ausfällung mit Magnesiamixtur als das einfachste Verfahren, diese Methode konnte aber nicht unmittelbar angewendet werden, denn die Magnesiamixtur fällt nicht nur die anorganische Phosphorsäure, sondern auch das aus dem Erbsenmehl ausgelöste Phytin (als dessen Mg-Salz) aus. Die Menge des durch die Wirkung der Magnesiamixtur ausgeschiedenen Phytins ist nicht so klein, daß sie vernachlässigt werden könnte. So gaben z. B. 25 ccm des Filtrats von 5 g Erbsenmehl + 49 ccm Wasser + 1 ccm 20proz. Essigsäure und eine Messerspitze NaCl, mit Magnesiamixtur gefällt, einen Niederschlag, welcher ausgeglüht ein Gewicht von 15 mg hatte. Nachdem das Phytin nach den Untersuchungen von *Adler*<sup>1)</sup> in salpetersaurer Lösung kaum eine Zersetzung erleidet, kalte Salpetersäure zersetzt es auch nach 24 Stunden nicht, so verwendete ich zur Bestimmung der Phosphorsäure neben Phytin die Molybdänmethode. Ich vollführte die Ausfällung nach den Vorschriften von *Emden* und *Mitarbeitern*<sup>2)</sup> in kalter Lösung und filtrierte den ausgeschiedenen gelben Niederschlag nach 24stündigem Stehen ab. Der Gang der Bestimmung war der folgende:

Zu 25 ccm des Filtrats wurden 20 ccm Magnesiamixtur und 10 ccm Ammoniak hinzugefügt, der entstandene Niederschlag nach 24stündigem Stehen abfiltriert und mit 2½proz. Ammoniak gewaschen. Der Niederschlag wurde auf dem Filter mit 25 ccm 8proz. kalter Salpetersäure aufgelöst, die abtropfende Lösung in einem 250-ccm-Becherglas aufgefangen, das Filtrierpapier mit 25 bis 30 ccm Wasser nachgewaschen und zu den gewonnenen 50 bis 55 ccm der salpetersauren Lösung 20 ccm 25proz. Salpetersäure, 20 ccm 34proz. Ammoniumnitratlösung und 60 ccm 3proz. Ammoniummolybdatlösung hinzugefügt. Nach 24stündigem Stehen wurde die über dem gelben Niederschlag befindliche Lösung sorgfältig abfiltriert, so daß von dem Niederschlag möglichst wenig auf das Filter gelangt, der Niederschlag mit verdünnter  $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ -Lösung dekantiert, der im Becherglas und auf dem Filter zurückgebliebene Niederschlag in 25 bis 30 ccm warmen Ammoniaks aufgelöst, die Phosphorsäure aus der gewonnenen Lösung nach *Schmitz* gefällt und als  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  gewogen.

Ich bemühte mich, mich davon zu überzeugen, mit welcher Genauigkeit die im Erbsenbrei zurückgebliebene anorganische Phosphorsäure mit dem beschriebenen Verfahren bestimmt werden kann; zu diesem Zwecke gab ich zu dem Erbsenmehl eine bekannte Menge  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung und untersuchte gleich nach der Zugabe, also noch

<sup>1)</sup> *L. Adler*, diese Zeitschr. **70**, 1, 1915.

<sup>2)</sup> *G. Emden*, *W. Griesbach* und *E. Schmitz*, Zeitschr. f. physiol. Chem. **93**, 1, 1914/15.

bevor die Umwandlung der Phosphorsäure begann, ob man mit der genannten Methode die hinzugefügte Phosphorsäure quantitativ zurückgewinnen kann.

## I. Versuchsreihe.

Nr.	Erbsenmehl g	Dest. Wasser ccm	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> -Lösung ccm
1	5	49	—
2	5	48	1
3	5	47	2
4	5	46	3
5	5	44	5

Zu jeder Probe wurde eine Messerspitze NaCl und 1 ccm 20proz. Essigsäure zugegeben. Die in 25 ccm der gewonnenen Filtrate vollführten Phosphorsäurebestimmungen gaben folgende Resultate:

Nr.:	1	2	3	4	5
Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> g	0,0045	0,0123	0,0204	0,0284	0,0442

Diese Werte, auf 5 g Erbsenmehl umgerechnet<sup>1)</sup>, gaben das „gefundene“ Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. 5 ccm der zur Untersuchung gebrauchten Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>-Lösung gaben im Mittelwert 0,0828 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, daraus rechnete ich die Mengen der zu den Versuchen gebrauchten 1, 2, 3 ccm Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>-Lösungen entsprechenden Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> aus, und wenn man hierzu die Menge der unter Nr. 1 gewonnenen, auf 5 g Erbsenmehl gerechneten 0,0094 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> addiert (aus 5 g Erbsenmehl ohne Zugabe von Phosphat gewonnener Wert), ergibt sich das „berechnete“ Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

Nr.	Gefundene Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> g	Berechnete Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> g
1	0,0094	—
2	0,0260	0,0259
3	0,0432	0,0425
4	0,0602	0,0591
5	0,0937	0,0927

Die gefundenen und berechneten Werte stimmen genügend überein, die im Erbsenbrei zurückgebliebene anorganische Phosphorsäure kann also mit der beschriebenen Methode mit der erwünschten Ge-

<sup>1)</sup> Bei Umrechnung muß man darauf Rücksicht nehmen, daß 5 g Erbsenmehl und 50 ccm Flüssigkeit ein Volumen von 53 ccm haben.

naugigkeit bestimmt werden, woraus auf die Fähigkeit des Erbsenmehls, die anorganische Phosphorsäure in organische Form zu überführen, geschlossen werden kann.

### II. Versuchsreihe.

Nr.	Erbsenmehl g	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> -Lösung ccm	Toluol ccm
1	5	5	1
2	5	5	1
3	5	5	1
4	5	5	1
5	5	5	1
6	5	5	1

In Nr. 1 und 2 wurde die Menge der anorganischen Phosphorsäure gleich nach dem Vermengen, in Nr. 3 und 4 nach 24 Stunden, in Nr. 5 und 6 nach  $6 \times 24$  Stunden in je 25 ccm des Filtrats bestimmt. Die Proben wurden bei Zimmertemperatur (20 bis 21<sup>0</sup>) stehengelassen.

Nr.:	1	2	3	4	5	6.
Versuchsdauer in Stdn.	0		24		$6 \times 24$	
Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> . . . . . mg	45,2	45,6	8,3	8,4	9,6	9,2

Aus diesen Daten kann berechnet werden, daß 5 g Erbsenmehl die Fähigkeit besitzen, in 24 Stunden 50,2 mg Phosphorsäure (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in organische Form zu überführen, die Menge der organisch gebundenen Phosphorsäure ergab sich nach  $6 \times 24$  Stunden als fast ebensoviel (48,8 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), demnach blieb die im atmenden Erbsenmehl während der ersten 24 Stunden entstandene organische Phosphorsäureverbindung nach  $6 \times 24$  Stunden als solche erhalten.

### III. Versuchsreihe.

Dieselben Mengen und bei derselben Temperatur wie bei der ersten Versuchsreihe, nur mit kürzerer Versuchsdauer.

Nr.:	1	2	3	4	5	6
Versuchsdauer in Stdn.	0		3		6	
Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> . . . . . mg	44,8	45,2	40,6	40,7	34,9	34,7

Nach den Daten dieser Versuchsreihe vermindert sich die Menge der zum Erbsenmehl zugegebenen anorganischen Phosphorsäure schon nach Verlauf von 3 Stunden, nach 6 Stunden ist die Verminderung

noch größer. Nach den Resultaten der Rechnung ergibt sich, daß 5 g Erbsenmehl während 3 Stunden 5,9 mg, während 6 Stunden dagegen 13,9 mg Phosphorsäure in organischer Form binden.

#### IV. Versuchsreihe.

In dieser Reihe ließ ich je 5 ccm  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung auf je 5 g Erbsenmehl bei 30° einwirken.

Nr.:	1	3	4
Versuchsdauer in Stdn.	0	6	
$\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . . . . . mg	45	27,2	26,1

Nach diesen Daten verwandeln 5 g Erbsenmehl bei 30° während 6 Stunden 24,9 mg Phosphorsäure ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), also ungefähr noch einmal soviel wie bei 20 bis 21°.

#### V. Versuchsreihe.

In diesen Proben gebrauchte ich ein durch Hitze inaktiviertes Mehl. Zu diesem Zwecke wurde das Mehl mit Wasser vermischt, der Brei am Wasserbade ausgetrocknet, pulverisiert und mit diesem Mehl die Versuche auf gewöhnliche Weise durchgeführt.

Nr.:	1	2	3
Versuchsdauer in Stdn.	0	24	
$\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . . . . . mg	45	44,2	44,1

Diese Resultate bezeugen, daß das durch Hitze inaktivierte Erbsenmehl nicht mehr die Fähigkeit besitzt, anorganische Phosphorsäure in organische Form überzuführen, weil durch die Einwirkung der Hitze das synthetisierende Enzym zerstört wird.

#### VI. Versuchsreihe.

Gleich dem inaktivierten Mehl verhält sich das mit Methylalkohol extrahierte Mehl. 20 g Erbsenmehl wurden mit 80 ccm Methylalkohol bei Zimmertemperatur einen Tag lang stengelassen, das abfiltrierte Mehl mit Methylalkohol und Äther nachgewaschen und im Vakuum getrocknet. Mit dem extrahierten Mehl vollführte ich die Untersuchungen wie gewöhnlich und fand die folgenden Resultate:

Nr.:	1	2	3
Versuchsdauer in Stdn.	0	24	
$\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . . . . . mg	45,4	43,7	45,1

## VII. Versuchsreihe.

Die im Erbsenbrei entstandene organische Phosphorsäureverbindung muß in der Lösung enthalten sein, welche von dem mit Magnesiamixtur ausgefallten Niederschlag abfiltriert wurde. Die in den Versuchen II, 1, II, 3, III, 4, V, 2 von dem mit Magnesiamixtur ausgefallten Niederschlag abfiltrierten Lösungen wurden eingedampft, der Rückstand nach *Neumann* verascht und qualitativ auf Phosphorsäure untersucht. Von den untersuchten Lösungen enthielt ursprünglich Nr. II, 3 das meiste, Nr. III, 4 viel weniger, Nr. II, 1 und V, 2 höchstens Spuren von der organischen Phosphorsäureverbindung. Dementsprechend ergaben sich auch die Phosphorsäurereaktionen.

Nr.:	II, 1	II, 3	III, 4	V, 2
Phosphorsäure- reaktion	Schwache Spuren	Reicher Niederschlag	Niederschlag	Schwache Spuren

Die nähere Natur und Zusammensetzung der im Erbsenmehl entstandenen organischen Phosphorsäureverbindung aufzuklären, bildet unter anderem eine Hauptaufgabe der jetzt im Gange befindlichen Untersuchungen.

## Zusammenfassung.

Die Abspaltung der Phosphorsäure aus organischen Phosphorverbindungen der höheren Pflanzen wird auf die Wirkung gewisser Enzyme (Phosphatasen) zurückgeführt. In die Enzymologie des Phosphorsäurestoffwechsels gehört unter anderem auch diese noch offene Frage, ob die stimulierende Wirkung der Phosphorsäure auf die Atmung der höheren Pflanzen mit der enzymatischen Überführung der anorganischen Phosphorsäure in organische Form in Zusammenhang steht, so wie das bei der Hefe bekannt ist.

Die Untersuchungen der russischen Biochemiker *L. Iwanoff* und *W. Zaleski*, die Überführung der anorganischen Phosphorsäure in organische Form bei der Atmung der höheren Pflanzen zu konstatieren, führten zu *keinem positiven Ergebnis*.

Mit Hilfe geeigneter Untersuchungsmethoden ist es mir gelungen, zu konstatieren, daß zum Erbsenmehl zugefügte anorganische Phosphorsäure (als  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) in organische Form übergeführt — höchstwahrscheinlich esterifiziert — wurde. Die Überführung der Phosphorsäure wurde durch die mit der Molybdänmethode bestimmte Abnahme der zum Erbsenmehl als  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  zugefügten anorganischen Phosphorsäure und durch die — vorläufig nur mit qualitativer Reaktion beobachtete — starke Zunahme der organischen Phosphorsäure geprüft.

Die Menge der durch das Erbsenmehl esterifizierten Phosphorsäure ist bedeutend. Es werden durch 5 g Erbsenmehl bei Zimmertemperatur (20 bis 21°) während 3 Stunden 5,9 mg, nach 6 Stunden 13,8 mg und nach Ablauf von 24 Stunden 50,2 mg Phosphorsäure ( $P_2O_5$ ) in organische Form übergeführt. Durch Hitze inaktiviertes, sowie durch Methylalkohol extrahiertes Erbsenmehl ist unfähig, die anorganische Phosphorsäure zu überführen, woraus folgt, daß die Esterifizierung der Phosphorsäure durch Erbsenmehl ein enzymatischer Vorgang ist.

Die jetzt im Gange befindlichen Untersuchungen haben unter anderem die wichtigste Aufgabe, die Natur und nähere Zusammensetzung der im Erbsenmehl gebildeten organischen Phosphorsäureverbindung zu bestimmen.

---

MEZŐGÉPES ÉS YETEMI KÖNYVTÁR  
9958 / 1854 Gyarmondi repülőszem.

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses.

Seite

<b>Heianzan, N.</b> Über die Ionenwirkung auf die Leberfunktion und den Zuckerstoffwechsel. I. Mitteilung: Elektrolytenwirkung auf die sekretorische Leberfunktion . . . . .	33
— — Über die Ionenwirkung auf die Leberfunktion und den Zuckerstoffwechsel. II. Mitteilung: Elektrolytenwirkung auf den Zuckerstoffwechsel . . . . .	57
— — Über die Ionenwirkung auf die Leberfunktion und den Zuckerstoffwechsel. III. Mitteilung: Die Wirkung des Ca und Na auf die Leberfunktion in bezug auf den Zuckerstoffwechsel . . . . .	81
<b>Reitstötter, Josef und Grete Lasch.</b> Über die Konzentration von Eiweißlösungen und anderen Solen hydrophiler Kolloide mit Hilfe des elektrischen Stromes . . . . .	90
<b>Täufel, Kurt.</b> Studien über die Beziehungen zwischen dem chemischen Aufbau und dem Geschmack süß schmeckender Stoffe (Zuckerarten, Alkohole) . . . . .	96
<b>Grafe, E., H. Reinwein und Singer.</b> Studien über Gewebsatmung. II. Mitteilung: Die Atmung der überlebenden Warmblüterorgane	102
<b>Kultjugin, A. und N. Iwanowsky.</b> Mikrobestimmung des Stickstoffs	118
<b>Negelein, Erwin.</b> Über die glykolytische Wirkung embryonalen Gewebes . . . . .	122
<b>Lecomte du Noüy, P.</b> Die Oberflächenspannung von Serum. Über physikalisch-chemische Änderungen im Serum als Folge der Immunisierung. . . . .	134
<b>Bodnár, J. und Piroška Hoffner.</b> Beiträge zur biochemischen Kenntnis der postmortalen Pflanzenatmung . . . . .	145
<b>Niethammer, Anneliese.</b> Über das Gesetz vom Minimum bei Pilzkulturen. . . . .	168
<b>Warburg, Otto.</b> Über die Wirkung der Blausäure auf die alkoholische Gärung . . . . .	196
<b>Negelein, Erwin.</b> Über die Wirkung des Schwefelwasserstoffs auf chemische Vorgänge in Zellen . . . . .	203
<b>Hecht, Gerhard.</b> Über das Membrangleichgewicht und den kolloidosmotischen Druck des Serums . . . . .	214
<b>Nitschke, A.</b> Über die Zustandsform des Calciums im Serum . . .	229
<b>Neuberg, Carl und Genia Perlmann.</b> Verlauf der alkoholischen Zuckerspaltung in Gegenwart von Schwefelwasserstoff und Cyanwasserstoff . . . . .	238
Berichtigungen . . . . .	245

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Emil Fischer  
**Gesammelte Werke**

Herausgegeben

von

**M. Bergmann**

**Untersuchungen aus verschiedenen Gebieten.** Vorträge und  
Abhandlungen allgemeinen Inhalts. 924 Seiten. 1924.  
40.50 RM; gebunden 42 RM

**Untersuchungen über Triphenylmethanfarbstoffe, Hydra-  
zine und Indole.** 889 Seiten. 1924. 39 RM; gebunden 40.50 RM

**Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und  
Proteine I.** (1899—1906.) 782 Seiten. Unveränderter Neudruck.  
1925. 48 RM; gebunden 51 RM

**Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und  
Proteine II.** (1907—1919.) 932 Seiten. 1923.  
29 RM; gebunden 32 RM

**Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente I.**  
(1884—1908). 920 Seiten. 1909. Unveränderter Neudruck. 1925.  
57 RM; gebunden 60 RM

**Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente II.**  
(1908—1919.) 543 Seiten. 1922. 19 RM; gebunden 22 RM

**Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe.** (1908—1919.)  
547 Seiten. 1919. 21.80 RM

**Organische Synthese und Biologie.** Zweite, unveränderte  
Auflage. 28 Seiten. 1912. 1 RM

**Neuere Erfolge und Probleme der Chemie.** 30 Seiten. 1911.  
0.80 RM

**Untersuchungen in der Puringruppe.** (1882—1906.) 616 Seiten.  
1907. 15 RM

**Aus meinem Leben.** Mit drei Bildnissen. 210 Seiten. 1922.  
Gebunden 9.50 RM