

Ueber ein Eisensalz der Kohlenhydrat-Phosphorsäure

Autor(en): **Schweizer, Karl / Schaffer, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **11 (1920)**

Heft 1

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-984220>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

admis pour les vins ne paraissent pas devoir augmenter l'alcalinité des cendres solubles dans l'eau, au contraire. Il y aura encore lieu d'examiner si un mélange de vin et de cidre conserve toujours avec le temps la même proportion dans les deux alcalinités. Il est aussi possible qu'une grande quantité d'acide tartrique total, naturel ou ajouté artificiellement, modifie ce rapport et augmente l'alcalinité soluble; mais il sera peut-être aussi possible, soit de tenir compte de cet effet par une correction de calcul appropriée, soit de calculer autrement l'alcalinité soluble en lui donnant un caractère plus constant encore. Quoiqu'il en soit, il résulte en outre de ces chiffres que l'alcalinité totale des cendres du cidre est en général plus forte que celle du vin (25,2—37,2). La composition des vins analysés était normale, sauf indications mentionnées. La plupart était d'ailleurs d'origine connue et non suspecte.

Ueber ein Eisensalz der Kohlenhydrat-Phosphorsäure.

Von KARL SCHWEIZER.

(Aus dem Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes,
Vorstand: F. Schaffer.)

Bei der alkoholischen Gärung durch Hefe ist die Gegenwart von Phosphaten notwendig und schon Pasteur hatte vorgeschlagen auf 150 g auf 1 L gelösten Rohrzucker 0,2 g Monokalziumphosphat zuzufügen. *Buchner*¹⁾ hatte vermutet, dass die Steigerung des Gärvermögens durch Phosphate auf der durch dieselben erzeugten alkalischen Reaktion beruhe. Im Jahre 1905 begannen *Harden* und *Young*²⁾ mit ihren eingehenden Studien über dieses Thema und beobachteten, dass die Gärung beschleunigt werden kann, wenn man zu einer Glukoselösung gekochten oder durch Tonkerzen filtrierten Hefepresssaft hinzugibt. Diese Wirkung scheint auf die in demselben enthaltenen Phosphate zurückzuführen zu sein, was diese Autoren dadurch bestätigen konnten, dass sie die gleiche Wirkung beim Zusatz von phosphorsauren Salzen beobachten konnten. Sie glaubten feststellen zu können, dass es sich ausschliesslich um eine Beschleunigung handle, und dass die absolut entwickelte Kohlensäuremenge dagegen nicht zunehme. Nach vollendeter Gärung liess sich der Phosphor nicht mehr durch seine charakteristischen Reaktionen nachweisen, so dass man also die Bildung einer neuen Verbindung zwischen dem Zucker und den Phosphaten annehmen musste. Gleichzeitig hatte auch *Jwanoff*³⁾ gezeigt, dass beim Vergären einer Zuckerlösung durch Presshefe gleichzeitig vorhandene Phosphate eine organische Verbindung eingehen, wie dies übrigens auch bei höheren Pflanzen der Fall

¹⁾ Die Zymasegärung.

²⁾ Proc. Chem. Soc., 21, 189 (1905).

³⁾ Trav. de la Soc. des Naturalistes de St. Petersburg, 34 (1905).

sein soll¹⁾. *Harden* und *Young*²⁾ haben feststellen können, dass bei dieser Zunahme der Kohlensäureentwicklung ein Molekül Kohlensäure einem Atom Phosphor entspricht. Die Gärungsgeschwindigkeit kann auf diese Weise bis zum zwanzigfachen Betrag gesteigert werden, hält bei diesem Werte eine gewisse Zeit an und kehrt schliesslich wieder zu ihrem ursprünglichen Werte zurück. Fügt man nun noch einmal die gleiche Menge Phosphat hinzu, so beobachtet man wieder eine gleich grosse Beschleunigung wie das erste Mal. Dieses Phänomen ist aber immerhin begrenzt. Gleichzeitig mit der Steigerung der Kohlensäureentwicklung wird natürlich auch die Alkoholbildung beschleunigt.

Indem *Jwanoff*³⁾ seine früheren Resultate weiter verfolgte, konnte er zeigen, dass innert 24 Stunden beinahe 90 % der Phosphate gebunden werden. Die Zuckerkonzentration ist in weiten Grenzen ohne Einfluss auf diesen Vorgang, so wie sie übrigens auch die Gärung nicht beeinflusst. Diese Synthese findet nur mit solchen Hefen statt, die zwar getrocknet, aber noch gärfähig sind. Auch *Harden* und *Young*⁴⁾ hatten inzwischen ihre Resultate weiter verfolgt und konnten diesmal zeigen, dass durch die phosphorsauren Salze nicht nur die Gärgeschwindigkeit erhöht wird, sondern dass auch die absolut gebildete Kohlensäuremenge zunimmt. Durch Messen der entwickelten Kohlensäuremenge kommen sie zu folgender Gleichung:



Sie stellen ferner fest, dass sowohl Zymase als auch Koferment notwendig ist. Das zuerst gebildete Hexosephosphat oder Zymophosphat, wie es heute meistens genannt wird, erleidet nachträglich wieder eine Zersetzung:



Der Beginn dieser Reaktion bestimmt die Vergärung der Glukose. Ausser diesem Zucker wurden aber die gleichen Beobachtungen auch mit Mannose und Lävulose gemacht. Für die Wirkung der Phosphate soll ein Wirkungsoptimum bestehen, welches sich für Glukose und Mannose bei der gleichen Konzentration befindet, dagegen für Lävulose bei einer höheren Konzentration liegt. Eine gegebene Menge dieser Salze hat bei Mannose und Glukose ungefähr die gleiche Wirkung, während sie bei Lävulose gerade die doppelte Menge Kohlensäure bildet. Wenn man zu einer Lösung von Glukose und Mannose in Hefepressaft, in welcher die Gärung durch eine übergrosse Menge von Phosphat beinahe verunmöglicht ist, noch Lävulose zufügt, so ruft dieser Zucker eine lebhaftere Gärung hervor und es bildet sich dabei mehr Kohlensäure, als der verwendeten Lävulosemenge entsprechen würde. Diese Induktionswirkung ist spezifisch für diesen Zucker und kann weder mit Glukose noch mit Mannose beobachtet werden. Um die Kohlenhydrat-

¹⁾ Bull. Acad. St. Petersburg, 303 (1910).

²⁾ Proc. Royal Soc. London [B], 77, 405 (1906).

³⁾ H., 50, 281 (1907).

⁴⁾ Proc. Royal Soc. London [B], 80, 299 (1908).

phosphorsäure aus ihrem so gebildeten Salze zu erhalten, kocht *Young*¹⁾ das erhaltene Reaktionsgemisch auf, filtriert, entfernt den Ueberschuss an Phosphaten, fällt in der neutralen Lösung mittels Bleiazetat aus und zersetzt dann das so erhaltene Bleisalz mit Schwefelwasserstoff. Diese Säure ist sehr wenig stabil und zersetzt sich langsam schon bei gewöhnlicher Temperatur oder auch beim Verdampfen im Vakuum unter Bildung von Phosphorsäureanhydrid und einer reduzierenden Substanz. Es ist diesem Verfasser nicht gelungen, Osazone oder Hydrazone herzustellen. Die gebildete Säure scheint stets dieselbe zu sein, ob man von Glukose, Mannose oder Fruktose ausgeht. Bei der Hydrolyse bildeten sich Fruktose und Phosphorsäure. Mit *Harden* zusammen zeigte *Young*²⁾, das die Wiederzersetzung des gebildeten Kohlehydratesters durch in voller Gärung befindlichen Presssaft bewirkt wird und schrieb dieselbe einem besonderen Ferment, der Phosphatase, zu, während das Ferment, welches das Zymophosphat synthetisiert, als Phosphatase bezeichnet wird.

Da nun Phosphor zusammen mit Kalzium sehr wertvolle therapeutische Wirkungen zeigt, so wurde von der Aktiebolaget Astra Apotekarnes Kemiska Fabriker in Stockholm ein Patent³⁾ ausgearbeitet, nach welchem die zersetzende Wirkung der Phosphatase durch Zusatz von plasmolysierenden oder antiseptisch wirkenden Stoffen, wie Toluol, Thymol, Chloroform, Phenol, Formaldehyd, Natriumfluorid, etc. ausgeschaltet wird, während unter diesen Bedingungen die Phosphatase nicht oder doch nur wenig in ihrer Wirkung beeinträchtigt ist. Gewöhnlich wird so viel des Antiseptikums angewendet, das die Gärungsgeschwindigkeit auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{5}$ reduziert wird. Man hat in diesem Falle nicht nötig, die Hefe vorher zu trocknen, wie dies bisher geschehen war. Dieses Patent empfiehlt namentlich die Verwendung von verzuckertem Malz (Brennereiwürze) als Ausgangsmaterial und bespricht die Herstellung des Kalziumsalzes in Gegenwart von Toluol. Nach Patenten von *Bayer & Co.*⁴⁾ kann die Phosphatase auch durch Gerbsäure oder andere eiweissfällende Substanzen inaktiviert werden.

*Euler und Johansson*⁵⁾ zeigen sodann, dass diese Zymophosphatbildung auch bei der normal verlaufenden Gärung mit lebender Hefe stattfindet, nur wird in diesem Falle der entstandene Ester von der Phosphatase gleich wieder zersetzt. Während bereits *Harden* und *Young* in ihren früheren Versuchen festgestellt hatten, dass auch organische Phosphate und Lezithin als Aktivatoren der Zymasewirkung dienen können, konnte *Euler*⁶⁾ das gleiche auch für die Zymophosphate und Natriumnukleinat zeigen. Dieser Verfasser demonstriert die Notwendigkeit der Phosphate bei der Hefegärung

¹⁾ Proc. Royal Soc. London, 81, 528 (1909).

²⁾ Proc. Royal Soc. London, 82, 321 (1910).

³⁾ D.R.P. 293864 vom 21. 5. 1912 (26. 8. 1916).

⁴⁾ D.R.P. 292818 vom 33. 2. 1915 und 301590 vom 4. 7. 1916.

⁵⁾ H, 85, 192 (1913).

⁶⁾ Fortschritte der Naturwissenschaften (1914).

noch in folgender Weise:¹⁾ Man wäscht an der Luft getrocknete Hefe so lange mit Wasser von 30° aus, bis alles Phosphat und Koenzym entfernt ist. Die zurückbleibende Masse besitzt keine Gärwirkung mehr. Der beim Auswaschen erhaltene Extrakt kann nun durch Behandlung mit Magnesiainmischung und Alkohol in zwei Fraktionen zerlegt werden, wovon die eine die anorganischen Phosphate und die andere das Koenzym enthält. Die ausgewaschene Hefe kann nun beim Zusammenbringen mit Koenzym allein noch keine Gärung hervorrufen und erst wenn man auch noch Phosphate hinzugibt, tritt dieselbe ein.

*Euler, Svanberg, Hallberg und Brandting*²⁾ verfolgen die Zymophosphatbildung bei der alkoholischen Gärung mittels einer elektrometrischen Methode. Wenn sie eine untergärrige Bierhefe auf ein Gemisch von Glukose und Dinatriumphosphat in Gegenwart von Toluol einwirken lassen, so können sie feststellen, dass zuerst kein Phosphat verbraucht wird, worauf dann die Bindung nach einiger Zeit ganz plötzlich eintritt. Der Ablauf des Vorganges bleibt auch dann der nämliche, wenn man zuerst die Hefe einige Zeit mit dem Zucker in Kontakt lässt, in der Hoffnung, dass sich eine vorbereitende Reaktion vollziehe. Es konnte noch nicht festgestellt werden, was in der ersten, scheinbar reaktionslosen Periode vor sich geht; vielleicht muss sich die Phosphatase erst bilden.

Wie bereits erwähnt, erhält man, wenn man frische, lebende Hefe ohne Antiseptikumzusatz anwendet, keine Zymophosphatsynthese. Die Hefe muss zuerst genügend getrocknet worden sein und *Euler* und *Heintze*³⁾ zeigen, dass das Phänomen erst bei einem Wassergehalt der Hefe von 10% sich bemerkbar macht. Es ist übrigens auch nicht gleichgültig, welche Heferasse man verwendet; am besten haben sich die untergärrigen Bierhefen bewährt. *Euler*⁴⁾ hat mit Brennereihefe in der Regel keine guten Resultate erzielt und von elf untersuchten Stämmen haben sich nur neun als wirksam erwiesen. Die sieben besten Rassen waren fünf Stämme von *Saccharomyces cerevisiae* und zwei technische Brauereihefen.

Wenn es auch *Young* früher nicht gelungen war, Osazone oder Hydrazone mit der Zymophosphorsäure zu erhalten, so konnte nun doch *Lebedev*⁵⁾ solche herstellen, wenn er direkt von den nach vollendeter Gärung vorhandenen Salzen dieser Säure ausging. Dieser Autor zieht aus seinen Phosphor- und Stickstoffbestimmungen sowie den isolierten Osazonen und Hydrazonen den Schluss, dass sich ein Gemisch von Zymophosphaten bildet, die p-Bromphenylhydrazon, p-Bromphenylosazon und Phenylosazone von verschiedenem Schmelzpunkt ergeben. Je nach den Versuchsbedingungen, wie Temperatur, Gärdauer, Zusammensetzung der Nährlösung etc., variieren die

¹⁾ Chem. d. Hefe u. d. alkohol. Gärung, S. 164, Leipzig (1915).

²⁾ Ztschr. f. physiol. Chem., **100**, 203 (1917).

³⁾ Ztschr. f. physiol. Chem., **102**, 252 (1918).

⁴⁾ Bioch. Ztschr., **86**, 337 (1918).

⁵⁾ Bioch. Journ., **12**, 87 (1918).

einzelnen Komponenten des erhaltenen Zymophosphatgemisch in quantitativer und wahrscheinlich auch qualitativer Hinsicht. Nach einer Gärdauer von $9\frac{1}{2}$ Stunden ist es nicht mehr möglich irgend ein Osazon zu isolieren, während man die grösste Ausbeute mit einer Gärung von 2 Stunden bei 35° oder von 5—6 Stunden bei 25° erzielt. *Neuberg*¹⁾ macht darauf aufmerksam, dass man nicht vergessen darf, dass diese Zymophosphatbildung nur unter unnormalen Bedingungen stattfindet, und es deshalb vielleicht verfrüht ist, diese Substanzen als normale Zwischenprodukte der alkoholischen Gärung anzusehen, wie dies von anderer Seite geschehen ist. Die Zymophosphate werden nämlich nach seinen Versuchen von lebender Hefe nicht angegriffen und nur der Hefepressaft oder -Mazerationssaft ist imstande, diese Substanzen zu vergären. Erwähnt sei auch noch, dass nach *Jwanoff*²⁾ die anorganischen Phosphate auch einen Einfluss auf die proteolytischen Fermente der Hefe haben. So konnte er zum Beispiel zeigen, dass saures Kaliumphosphat auf die Hydrolyse von Eiweiss durch die Fermente der Hefe aktivierend wirkt, aber nur soweit es sich um die Bildung der höheren Abbauprodukte (Pepton) handelt.

*Young*³⁾ hat nun ausser dem bereits erwähnten Bleisalz auch noch das unlösliche Silber-, Barium- und Kalziumsalz aus den primär gebildeten löslichen Kalium- oder Natriumsalzen durch Umsetzung hergestellt. Ich versuchte nun auch noch das Eisensalz herzustellen, da bekanntlich Eisen in Kombination mit Phosphor einen wertvollen therapeutischen Einfluss auf den Hämoglobingehalt und die Blutbildung hat.

Die Herstellung dieses Salzes gelang nun ohne weitere Schwierigkeit. Ich bediente mich zu diesem Zwecke der Methode von Euler und Johansson, wonach man mit frischer Hefe in Gegenwart eines Antiseptikums arbeitet. Eine Lösung von 100 g Rohrzucker in 250 cm³ destilliertem Wasser wird zusammen mit 150 g Presshefe des Handels und 1 cm³ Toluol während 10 Minuten sich selbst überlassen, worauf man 80 g Dinatriumphosphat, das vorher in destilliertem Wasser auf 300 cm³ gelöst worden war, zusetzt. Wenn nach etwa 4 Stunden alles freie Phosphat gebunden ist, so entfernt man die Hefe aus dem Reaktionsgemisch. Da nun das blosses Filtrieren, wie es von Euler vorgeschlagen wird, etwas langwierig ist, da die Hefen sehr leicht die Poren von Filtrierpapieren verstopfen, so trennte ich die Flüssigkeit von dem Hefeschlamm durch Zentrifugieren bei 3000 Touren pro Minute. Auch mit Kieselguhr bildet sich sehr schnell auf dem Boden der Nutsche eine kompakte Hefeschicht, die auch bei Anwendung einer Saugpumpe keine Flüssigkeit mehr durchlässt. Die von den Hefen getrennte Flüssigkeit wurde nun durch Erwärmen auf 60° von den sehr geringen Mengen aus der Hefe stammender Eiweisskörper befreit und dann noch durch Papier filtriert. Zur Darstellung des Eisensalzes wird nun das klare

¹⁾ Bioch. Ztschr., 88, 432 (1918).

²⁾ Bioch. Journ., 12, 106 (1918).

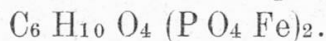
³⁾ Proc. Royal Soc. London, 81, 528 (1909).

Filtrat mit so viel einer gesättigten Ferrochloridlösung versetzt, dass auf einen Phosphorsäurerest ein Atom Eisen kommt, was im vorliegenden Fall 14 g dieses Chlorides entspricht. Hierbei beobachtet man bereits die Bildung eines Niederschlages, welcher noch vollständiger wird, wenn man zu der etwa 500 cm³ betragenden Flüssigkeit ungefähr die gleiche Menge 90%igen Alkohols gibt. Man lässt nun den Niederschlag während mehreren Stunden, am besten während einer Nacht, absetzen, dekantiert die überstehende Flüssigkeit ab und bringt den Niederschlag auf ein Filter, wo man ihn mit verdünntem Alkohol auswäscht und dann auf Tontellern trocknet. Man erhält so 20 g Eisenzymophosphat. Die abfiltrierte Lösung gibt mit Kaliumferricyanid nur noch eine schwache Grünfärbung, aber keine Blaufärbung mehr, das heisst, sie enthält also nur noch eine geringe Spur nicht gebundenen Eisens. Auch das Waschwasser gibt keine Reaktion auf Ferrosalze mehr, so dass also das Eisen quantitativ gebunden worden ist.

Der erhaltene Körper ist nun selbst in warmem Wasser vollständig unlöslich, aber auch in Alkohol, Aether, Benzol, Amylalkohol, Azeton, Chloroform, Toluol, Xylol, Nitrobenzol und Phenol löst er sich nicht, so dass es mir also nicht möglich war, denselben durch Umkristallisieren zu reinigen. Ich behandelte ihn deshalb zwecks möglichst weitgehender Reinigung in einem Mörser mit Wasser und filtrierte dann mittelst einer Saugpumpe möglichst scharf ab. Nachdem ich diese Operation viermal wiederholt hatte, trocknete ich auf dem Wasserbad und presste hierauf noch mit Filtrierpapier ab. Man erhält so ein graugrünes, geschmack- und geruchloses, amorphes Pulver, das sich bei etwa 200° zersetzt, ohne vorher geschmolzen zu werden. Es besitzt folgende Zusammensetzung:

16,07 %	Kohlenstoff,
2,23 %	Wasserstoff,
42,85 %	Sauerstoff,
13,83 %	Phosphor,
25,00 %	Eisen.

Das Molekulargewicht ist 448 und entspricht der Formel:



Dass es sich bei diesen Kohlenhydratphosphaten um Hexoseester und nicht etwa um Trioseester, wie man lange Zeit angenommen hatte, handelt, hat *Neuberg*¹⁾ erst kürzlich nachgewiesen. Es gelang ihm nämlich, von diesen Diphosphorsäureestern durch vorsichtige Hydrolyse mittels Salzsäure oder Oxalsäure ein Molekül Phosphorsäure abzuspalten. Er stellte auf diese Weise den Monophosphorsäureester des Fruchtzuckers in Form von Kalzium- und Baryumsalz her, der identisch ist mit demjenigen, den er bereits früher aus Fruktose und Phosphorsäure erhalten hatte. Hieraus darf wohl geschlossen werden, dass sich bei der Einwirkung von Hefe auf ein Gemisch von Zucker und Phosphaten ein Hexose-, und nicht etwa ein Trioseester bildet.

¹⁾ Bioch. Ztschr., 88, 432 (1918).

Was nun die chemischen Eigenschaften des erhaltenen Eisenzymophosphates anbetrifft, so gibt dasselbe mit verdünnter Salzsäure schon eine Zersetzung, indem nämlich das Eisen wieder in anorganische Form übergeht und sich mit Kaliumferrizyanid wieder nachweisen lässt. Es findet also ganz einfach Hydrolyse statt. Das gleiche lässt sich auch mit verdünnter Schwefelsäure in der Kälte beobachten, während in der Hitze die Zersetzung nur noch intensiver wird. In derselben Weise wirken ferner Salpetersäure und Essigsäure, letztere im Gegensatz zu dem bei der Zymophosphorsäure beobachteten Verhalten, welche von Essigsäure auch bei anhaltendem Kochen nicht angegriffen wird. Mit Natronlauge zusammengebracht, bräunt sich das Eisensalz, unter Bildung von Eisenhydroxyd, das durch seine Löslichkeit in konzentrierter Salzsäure identifiziert wurde.

Da nun das Eisenzymophosphat sowohl Eisen als auch Phosphor enthält, so scheint dieses Präparat a priori zur Behandlung von Anämie, Chlorose und ähnlichen Krankheiten geeignet zu sein. Es ist bekanntlich nicht gleichgültig, in welcher Form die Phosphorsäure dem Körper zugeführt wird, denn einmal muss auf die Empfindlichkeit des Magendarmkanals Rücksicht genommen werden und andererseits muss auch die Phosphorsäure in einer Form verabreicht werden, in welcher sie vom Körper nicht bloss resorbiert, sondern auch assimiliert wird. Nach *Blöchliger*¹⁾ ist es notwendig, dass die resorbierte Phosphorsäure eine organische Grundlage vorfindet, an welche sie sich zu fixieren vermag, um schliesslich als Lezithin, als Nukleoproteid usw. die Phosphorsäureverluste des kranken Organismus wieder auszugleichen. Aber auch vom Eisen ist es wünschenswert, dass es den Mund in unlöslicher Form passiere, da es sonst die Zähne leicht angreift. Diesen Anforderungen entspricht nun das Eisenzymophosphat vollkommen und es ist nach dem vorstehend angegebenen Verhalten gegenüber Salzsäure auch anzunehmen, dass es im Magen hydrolysiert und also somit resorbier- und assimilierbar werde. Um mich aber hierüber auch experimentell zu überzeugen, stellte ich unter zuvorkommender Mithilfe von Herrn Dr. med. H. Geilinger einen Versuch am lebenden Tierkörper an. Einem Meerschweinchen wurden dreimal täglich je 0,1 g Eisenzymophosphat in Form von Pillen, die mit der doppelten Menge Mehl angeknetet worden waren, so lange verabreicht, bis sich in den Fäzes das Eisensalz nachweisen liess. Auf diese Weise dauerte es 5 Tage, bis die ersten Portionen den gesamten Verdauungstraktus passiert hatten. Nun wurde das Tierchen getötet und die einzelnen Abschnitte des Magendarmkanals mittels Kaliumferrizyanid auf Eisen geprüft. Ein normal ernährtes Meerschweinchen diente als Vergleichstier. Wir erhielten so folgende Resultate:

a) *Meerschweinchen mit Zymophosphat gefüttert.*

	Direkt:	Nach Hydrolyse mit Salzsäure:
Speiseröhre	nichts	nur grünliche Färbung
Magen	grüner Niederschlag	starker grüner Niederschlag

¹⁾ Sch. Rundschau f. Medizin, Nr. 12 (1919).

	Direkt:	Nach Hydrolyse mit Salzsäure:
Dünndarm	Spur einer grünlichen Färbung	starker blauer Niederschlag
Blinddarm	Spur einer grünlichen Färbung	starker grünlich-blauer Niederschlag
Dickdarm	Spur einer grünlichen Färbung	starker grünlich-blauer Niederschlag
Fäzes	Spur einer grünlichen Färbung	starker grünlich-blauer Niederschlag

b) Meerschweinchen ohne Zymophosphat.

Speiseröhre	nichts	nichts
Magen	äusserst schwache Trübung	nichts
Dünndarm	nichts	nichts
Blinddarm	nichts	nichts
Dickdarm	nichts	nichts
Fäzes	nichts	nichts

Zur Sicherheit prüften wir auch die verwendete Salzsäure allein und fanden, dass sie eisenfrei war.

Aus den vorliegenden Resultaten sehen wir also, dass das Eisenzymophosphat unzersetzt die Speiseröhre passiert und dann erst von der Salzsäure des Magens aufgespalten wird, wobei das Eisen in lösliche und somit resorbierbare Form übergeht. Sehr undeutliche Spuren von freiem Eisen finden wir auch noch in den verschiedenen Darmabschnitten, doch scheinen diese aus dem Magen herzustammen und nicht etwa erst dort durch Zersetzung des Zymophosphates gebildet worden zu sein. Dass aber diese schwächere Eisenreaktion im Dünndarm, Blinddarm und Dickdarm nicht etwa auf das Fehlen von Zymophosphat in den betreffenden Darmabschnitten zurückzuführen ist, ersehen wir daraus, dass nach Behandeln der betreffenden Darmabschnitte mit Salzsäure ein starker Niederschlag mit Kaliumferrizyanid sich bildet. Auch die Fäzes zeigen einen starken Gehalt an Eisenzymophosphat, so dass dasselbe also gleichmässig über den ganzen Magendarmkanal verteilt gewesen war. Bei dem Vergleichstier war Eisen im ganzen Magendarmtraktus nirgends deutlich nachzuweisen. Das Eisenzymophosphat stellt also ein in Wasser unlösliches Präparat dar, das durch die Magensäure zersetzt wird, wodurch sich dem Organismus Eisen, Phosphor und Kohlehydrat in löslicher Form darbietet.

Es verbleibt mir noch die angenehme Pflicht, meinem Kollegen Herrn Dr. H. Geilinger für sein freundliches Interesse, das er dieser Arbeit entgegengebracht hat, meinen herzlichen Dank auszusprechen.