

# Über den Einfluß des Lecithins auf die Wirkung der Verdauungsfermente.

Von

Dr. phil. S. Küttner.

Mit einer Kurvenzeichnung im Text.

(Aus dem chemischen Laboratorium des Institutes für Experimental-Medizin in St. Petersburg.)

(Der Redaktion zugegangen am 8. Januar 1907.)

Über den Einfluß verschiedener Stoffe auf die Wirkung der Enzyme liegen in der Literatur viele Angaben vor. Man weiß, daß Salze eine hemmende Wirkung ausüben und Lewites<sup>1)</sup> stellt darüber den Satz auf: «Salze schwächerer Säuren üben eine größere hemmende Wirkung als Salze stärkerer Säuren aus, oder die Wirkung der Salze bei der peptischen Verdauung ist umgekehrt den Affinitätskonstanten der Säuren, aus denen die Salze gebildet sind». H. Braeuning schreibt in seiner Arbeit über die Geschwindigkeit der Fermentreaktionen bei Zusatz chemisch indifferenten Stoffe<sup>2)</sup>: «Wahrscheinlich kommt bei der Geschwindigkeit der Fermentreaktion die chemische Wirkung der Elektrolyten auf die beteiligten Stoffe in Betracht, zum Teil auch die Beeinflussung der kolloiden Enzyme durch elektrische Ladungen und endlich mag die noch nicht näher bekannte sogenannte «Wirkung der Neutralsalze» bei der Reaktionsgeschwindigkeit eine Rolle spielen.»

Er fand bezüglich der Einwirkung chemisch indifferenten Körper auf die Fermente oder speziell die Verdauungsfermente, daß Glycerin in Zusätzen von 0,5—4 ccm auf 5 ccm Pepsin den Wirkungsgrad von 31 mm verdauten Eiweißes bis auf 10,8 mm heruntersetzt und bei Trypsin in Zusätzen von 1—3 ccm auf 3 ccm Trypsin von 50 auf 7,6. Er kommt zum Resultate,

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift, Bd. XLVIII, S. 187.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift, Bd. XLII, S. 70.

daß die Fermentreaktion um so langsamer vor sich geht, je mehr das Wasser des Mediums durch einen chemischen Körper, z. B. Glycerin, Harnstoff, Traubenzucker ersetzt wird.

Bezüglich der Beeinflussung durch organische Stoffe resp. der im tierischen Organismus vorkommenden Säfte schreiben Fürth und Schütz<sup>1)</sup> der Galle und zwar speziell den gallensauren Salzen eine verstärkende Wirkung zu auf die fett- und eiweißspaltenden Fermente des Pankreas, nachdem schon lange vorher Nencki<sup>2)</sup> die befördernde Wirkung der Galle auf das Pankreassteapsin erkannt hatte. Hewlett<sup>3)</sup> schrieb dem Lecithingehalte der Galle den fördernden Einfluß zu, wogegen Fürth und Schütz<sup>4)</sup> diese Ansicht nur bezüglich einer alkoholischen Lecithinlösung bestätigen, während sie dem Lecithingehalte allein diese Wirkung nicht zugestehn. Unsere Kenntnisse betreffend der dem Lecithin zukommenden physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften sind durch die Untersuchungen der letzten Jahre bedeutend erweitert worden; wir wissen z. B., daß es durch seine Viskosität und dergleichen, sowie durch seine Fähigkeit gleichzeitig mit Basen und Säuren sowie auch mit andern Stoffen wie Eiweiß, Zucker und dergleichen mehr Verbindungen einzugehn, imstande ist und daß ihm auf Grund dieser Eigenschaften diese oder jene Rolle bei verschiedenen Prozessen zuerkannt werden muß. Tatsächlich wissen wir auch, daß dem Lecithin bei den hämolytischen Prozessen sowie bei den Intoxikationen mit solchen Giften wie Kobragift die Rolle des Komplements — im Sinne der Ehrlichschen Seitenkettentheorie — zukommt. Interessant ist auch die Beziehung des Lecithins zu Fermenten, unter anderm auch sein Vermögen, Lab und Trypsin in sich aufzunehmen.<sup>5)</sup> Es war daher anzunehmen, daß das Lecithin die Verdauungsfermente selbst beeinflussen müsse, und darum veranlaßte mich Frau Dr. N. Sieber, der ich an dieser Stelle für die Anregung und das große Inter-

<sup>1)</sup> Beitr. z. chem. Physiol. u. Pathol. von Hofmeister, Bd. IX, S. 29.

<sup>2)</sup> Archiv für exper. Pathol. u. Pharm., Bd. XX, S. 367.

<sup>3)</sup> John Hopkins Hosp. Bull., Bd. XVI, Nr. 166.

<sup>4)</sup> a. a. O.

<sup>5)</sup> E. Reiss, Berliner klin. Wochenschrift, 1904.

esse bei meiner Arbeit meinen herzlichen Dank abstatte, dieser Frage näher zu treten.

Zur Bestimmung der verdauenden Wirkung des Pepsins resp. des Trypsins gibt es eine ganze Reihe von Methoden, die man im allgemeinen in drei Abteilungen einteilen kann, nämlich in solche, wo

1. das unverdaute Eiweiß,
2. die aus dem Eiweiß entstehenden Verdauungsprodukte und
3. der unverdaute Rückstand und die Verdauungsprodukte resp. ihr Stickstoffgehalt gleichzeitig bestimmt werden.

Am besten geeignet für die große Anzahl nötig werden-der Versuche waren wegen ihrer leichten Ausführbarkeit die in die erste Reihe fallende Mettsche und die der zweiten angehörige Volhardsche Methode.<sup>1)</sup> Erstere Bestimmung ist so bekannt und so allgemein angewandt, daß hier wohl von ihrer Besprechung abgesehen werden kann, letztere ist aber besonders in ihrer von Löhlein<sup>2)</sup> erweiterten Form noch neueren Datums und daher vielleicht nicht genügend bekannt und gewürdigt.

Volhard geht vom Casein (Rhenania Aachen) aus, führt dieses durch eine bestimmte Menge Normalsalzsäure in Acid-casein über, salzt mit Glaubersalz aus, filtriert und verbraucht dann zum Neutralisieren der überschüssigen, nicht an Casein gebundenen Säure eine bestimmte Menge  $1/10$ -n-Alkali, die er als Titer der Stammlösung bezeichnet. Verdaut er nun eine bestimmte Menge Stammlösung, so entstehen aus dem Acid-casein unter Freiwerden von Salzsäure Albumosen, eventuell auch Peptone, die beim nachherigen Aussalzen mit Glaubersalz und Titrieren im Vergleiche zur Stammlösung einen bestimmten Säurezuwachs verursachen, der sich nach dem jeweiligen Verdauungsgrad richtet. Als Indikator diene bei den hier folgenden Versuchen Phenolphthalein, welches unter anderen Indikatoren auch Volhard benutzte und das beim Titrieren auf eben eintretende Rosafärbung in bestimmten Grenzen der Versuchs-

---

<sup>1)</sup> Volhard, Münchner med. Wochenschr. 1903, Nr. 49.

<sup>2)</sup> Hofmeisters Beiträge, Bd. VII, S. 120.

anordnung benutzt sehr gute Resultate gibt. Die Volhardsche Methode erlaubt auch die kleinsten in der Wirkung der Verdauungsfermente auftretenden Unterschiede festzustellen, während hier die sonst so handliche Mettsche Bestimmungsweise versagt. Bei der Trypsinverdauung wurde von ihr aus diesen Gründen und wegen der noch über die Peptonisierung hinausgehenden Spaltung des Eiweißes überhaupt Abstand genommen.

### I. Versuche mit Magensaft.

#### A. Wirkung des Lecithins auf proteolytisches Ferment.

Zur Verfügung standen 500 ccm auf einmal gesammelten Magensaftes des Fistelhundes «Diana».

Es wurden damit noch am selben Tage 4 Versuche mit Mettschen Röhren mit koaguliertem Eiereiweiß angesetzt. Die Röhren standen 24 Stunden im Thermostaten bei 37°. 10 ccm Magensaft brauchten bei der Titration 16,16 ccm  $\frac{1}{10}$ -n-KOH bei Phenolphthalein als Indikator.

Tabelle I.

Versuchsreihe nach Mett mit je zwei Eiweißröhren.

Nr.	Magen- saft in ccm	Wasser- zusatz in ccm	Zusatz einer 1,429%igen wässrigen Lecithin- lösung in ccm	Prozentgehalt an Lecithin auf Magensaft berechnet	Ver- daut in mm	Zu- resp. Ab- nahme gegenüber dem Parallelversuche ohne Lecithin	
						in mm	in %
1	3	1	—	—	4,25	—	—
1 a	3	—	1	0,476	4,69	+ 0,44	10
2	3	0,2	—	—	4,31	—	—
2 a	3	—	0,2	0,095	4,25	— 0,06	— 1,4

Der Prozentgehalt an Lecithin wurde in der Weise auf den Magensaft bezogen, daß die in der betreffenden Lecithinlösung enthaltenen Gewichtsmengen Lecithin prozentualiter auf die verwandte Menge Magensaft ausgerechnet wurden. So war bei 1 a auf 3 ccm Magensaft 1 ccm wässrige Lecithinlösung = 0,01429 g Lecithin genommen; und dieses bedeutet auf 100 ccm ausgerechnet in diesem Falle 0,476%.

Die Lecithinlösung war dargestellt aus Kahlbaumschem Lecithin durch Emulgieren mit warmem Wasser von ca. 60°.

Aus der Tabelle I geht hervor, daß bei einem Lecithinzusatz von 0,476% bei 1 a, gegenüber dem Parallelversuche 1 ohne Lecithin eine Steigerung von 10% an verdautem Eiweiß stattfand, dagegen bei 2 a, d. h. bei 0,095% igem Lecithinzusatz gegenüber dem Parallelversuche 2 eine kleine Abnahme von 0,06 mm = 1,4% konstatiert werden konnte.

Gleichzeitig ist aber bei 2 gegenüber 1 eine kleine Zunahme zu bemerken, was ja in der größeren Konzentration des Magensaftes seine Erklärung findet.

Mit demselben Magensaft wurden noch am gleichen Tage auch die Versuche nach Volhard begonnen und zwar nach der von Löhlein<sup>1)</sup> modifizierten Methode in Form einer Natriumcaseinlösung. Dazu wurden 50 g Casein auf 1 l mit 40 ccm  $\frac{1}{1}$ -n-NaOH gelöst; zur Überführung in Acidcasein werden vor jedem Versuche je 100 ccm dieser Lösung mit 11 ccm  $\frac{1}{1}$ -n-HCl umgesetzt, mit Wasser auf 300 ccm verdünnt, auf 40° erwärmt und 1 Stunde bei 40° verdaut. Nach dem Aussalzen mit 100 ccm einer 20%igen Glaubersalzlösung wird der jeweilige Aciditätszuwachs in  $\frac{1}{10}$ -n-HCl nach Abzug der Acidität der Stammlösung und des Magensaftes ermittelt und diese Aciditätszunahme nach der Formel  $\frac{v}{\sqrt{x \cdot f \cdot t}} = 1$  auf Volhardsche Pepsineinheiten umgerechnet.

Der größeren Genauigkeit halber wurde hier mit  $\frac{1}{20}$ -n-KOH titriert und das Resultat jedesmal in Kubikzentimetern dieser  $\frac{1}{20}$ -n-KOH, auf 1 ccm Magensaft berechnet, ausgedrückt; von einer Umrechnung auf Volhardsche Pepsineinheiten wurde aus bestimmten, an anderer Stelle noch näher auszuführenden Gründen abgesehen.

Resultat der Tabelle II ist ein ganz geringer Säurezuwachs gegenüber dem Versuche ohne Lecithinzusatz.

Im nächsten Versuche Tabelle III wurde die starke Verdünnung mit Wasser weggelassen und nur so viel Wasser zu-

---

<sup>1)</sup> Hofmeisters Beiträge, Bd. VII, S. 123.

gegeben, daß das Volumen der Verdauungsflüssigkeit mit der Verdünnung, die durch Zugabe der Lecithinlösung entstand, ausgeglichen wurde. Die Konzentration war hier dreimal größer als bei den Versuchen Tabelle II. Die Verdauungszeit wurde auf  $\frac{3}{4}$  Stunde herabgesetzt.

Tabelle II.

Stammlösung = 78,8 ccm  $\frac{1}{20}$ -n.-KOH  
 Saftacidität für 5 ccm Magensaft = 16,6 » »  
 1 ccm Lecithinlösung enthielt = 0,01429 g Lecithin.

Nr.	Volhard- sche Lösung in ccm	Casein in g	$\frac{1}{10}$ -n- HCl in ccm	Wasser in ccm	Magen- saft in ccm	Ver- daut in Stun- den	Lecithin- zusatz in		Säure- zuwachs in		Zunahme gegen den Parallelversuch ohne Lecithin	
							ccm	$\frac{0}{100}$ Magen- saft	$\frac{1}{20}$ -n- KOH ccm	pro 1 ccm Magen- saft	in ccm	in $\frac{0}{100}$
1	100	5	11	195	5	1	—	—	69	13,8	—	—
2	100	5	11	190	5	1	5	1,43	69,4	13,88	+ 0,08	+ 0,58

Tabelle III.

Lecithinlösung wie bei Tabelle II.

Nr.	Volhard- sche Lösung in ccm	Casein in g	$\frac{1}{10}$ -n- HCl in ccm	Wasser in ccm	Magen- saft in ccm	Ver- daut in Stun- den	Lecithin- zusatz in		Säure- zuwachs pro 1 ccm Magen- saft in ccm $\frac{1}{20}$ -n-KOH	Zunahme gegen den Parallelversuch ohne Lecithin	
							ccm	$\frac{0}{100}$ Magen- saft		in ccm	in $\frac{0}{100}$
1	10	0,5	11	3	1	$\frac{3}{4}$	—	—	6,0	—	—
2	10	0,5	11	2	1	$\frac{3}{4}$	1	1,43	6,0	$\pm 0$	$\pm 0$
3	10	0,5	11	1	1	$\frac{3}{4}$	2	2,86	6,8	+ 0,8	+ 13,33
4	10	0,5	11	—	1	$\frac{3}{4}$	3	4,29	5,7	- 0,3	- 5

Man sieht also hier bei 2,86  $\frac{0}{100}$  igem Lecithinzusatz ein starkes Anwachsen der Acidität, nämlich 13,25  $\frac{0}{100}$ , das aber bei erhöhtem Lecithinzusatze gegenüber dem Parallelversuche ohne Lecithin in ein Minus umschlägt. Das Lecithin wirkte also in einem Falle weder befördernd noch verzögernd, im andern stark befördernd und im dritten sogar verzögernd. Im Vergleich

zur Tabelle II ersieht man, daß bei 1,43<sup>o</sup>/<sub>o</sub>igem Lecithinzusatz dort eine minimale, hier gar keine Steigerung der Acidität eintrat.

Es ist schon in der Einleitung erwähnt worden, daß Salze auf die Verdauung verzögernd einwirken; der Einfluß des Kochsalzes, entstanden durch die Neutralisation der Natriumcaseinlösung mit Salzsäure, muß also hier wohl auch verzögernd gewirkt und die bei der Verdauung an und für sich nicht einfach liegenden Verhältnisse noch mehr kompliziert haben. Es wurde daher, wie auch Volhard früher schon getan, vom Casein als solchem, nicht aber vom Natriumcasein ausgegangen. Dieses läßt sich sehr gut in Lösung bringen, wenn man es vor der Säurezugabe mit Wasser von 50—55<sup>o</sup> anfeuchtet und gut umschüttelt. Die hier bezeichneten Wasserzusätze beziehen sich also auf erwärmtes Wasser. Die Lecithinlösung war dieselbe wie in den vorigen Tabellen.

Tabelle IV.

Stammlösung und Saftacidität 11,7 ccm <sup>1</sup>/<sub>20</sub>-n-KOH.

Verdaut bei 40<sup>o</sup>. 1,429<sup>o</sup>/<sub>o</sub>ige Lecithinlösung.

Nr.	Ca- sein in g	<sup>1</sup> / <sub>10</sub> -n- HCl in ccm	Was- ser in ccm	Ma- gen- saft in ccm	Ver- daut in Stunde	Lecithin- zusatz in		Säure- zuwachs pro 1 ccm Magen- saft in <sup>1</sup> / <sub>20</sub> -n-KOH	Zunahme gegen den Parallel- versuch ohne Lecithin in	
						ccm	<sup>o</sup> / <sub>o</sub>		ccm	<sup>o</sup> / <sub>o</sub>
1	0,5	7	21	1	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	—	—	8,3	—	—
2	0,5	7	20	1	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1	1,43	8,5	+ 0,2	+ 2,4
3	0,5	7	19	1	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2	2,86	7,6	— 0,7	— 8,5
4	0,5	7	18	1	<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3	4,29	7,4	— 0,9	— 10,85

Im Vergleich zu Tab. III ist der Säurezuwachs in den beiden Parallelversuchen ohne Lecithin Tab. III, 1 und Tab. IV, 1 von 6 auf 8,3 ccm <sup>1</sup>/<sub>20</sub>-n-KOH gestiegen, was wohl in der Beseitigung des störenden Einflusses des Kochsalzes seine Erklärung findet; ferner ist hier bei 1,43<sup>o</sup>/<sub>o</sub>igem Lecithinzusatz gegenüber dem gleichen Zusatze bei Tab. III eine Steigerung von 2,4<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, andererseits aber, wo dort bei 2,86<sup>o</sup>/<sub>o</sub>igem Lecithinzusatz das Maximum der Begünstigung, nämlich 13,33<sup>o</sup>/<sub>o</sub> war, hier bereits eine starke Verzögerung von 8,5<sup>o</sup>/<sub>o</sub> eingetreten. Während ferner

dort bei 4,29 ‰ die Begünstigung von 13,33 auf eine Verzögerung von 5 ‰ übergang, stieg sie hier nur um wenig, nämlich auf 10,85 ‰. Die Beseitigung des Kochsalzes hat also den begünstigenden Einfluß des Lecithins entweder stark abgeschwächt oder der begünstigende Einfluß des Lecithins ist bei Abwesenheit von Kochsalz in den Grenzen von 0—1,43 ‰ igem Lecithinzusatz zu suchen. Um dieses festzustellen, wurde der folgende Versuch mit Lecithinzusätzen zwischen 0—1,43 ‰ gemacht.

Die Stammlösung wurde mit den 6 Parallelversuchen gleichzeitig 1 Stunde im Wasserbade bei 40 ° gehalten.

Aus der Tabelle V geht deutlich hervor, daß das Maximum der Begünstigung durch Lecithinzusatz unter 1,43 ‰ liegt und zwar zwischen 0,572 und 0,838 ‰; man sieht auch ferner, daß diese Begünstigung schneller hinaufsteigt und allmählicher herunterfällt; denn während noch bei geringerem Lecithinzusatz die Kurve über 3,85 nach 15,38 sich erhebt, fällt sie allmählicher von 15,38 über 11,53 nach 3,85. Stellt man sich diesen Vorgang graphisch dar, indem man den Säurezuwachs in Prozenten auf die Ordinate, den Lecithinzusatz in Prozenten auf die Abszisse aufträgt, so erhält man folgendes Bild:

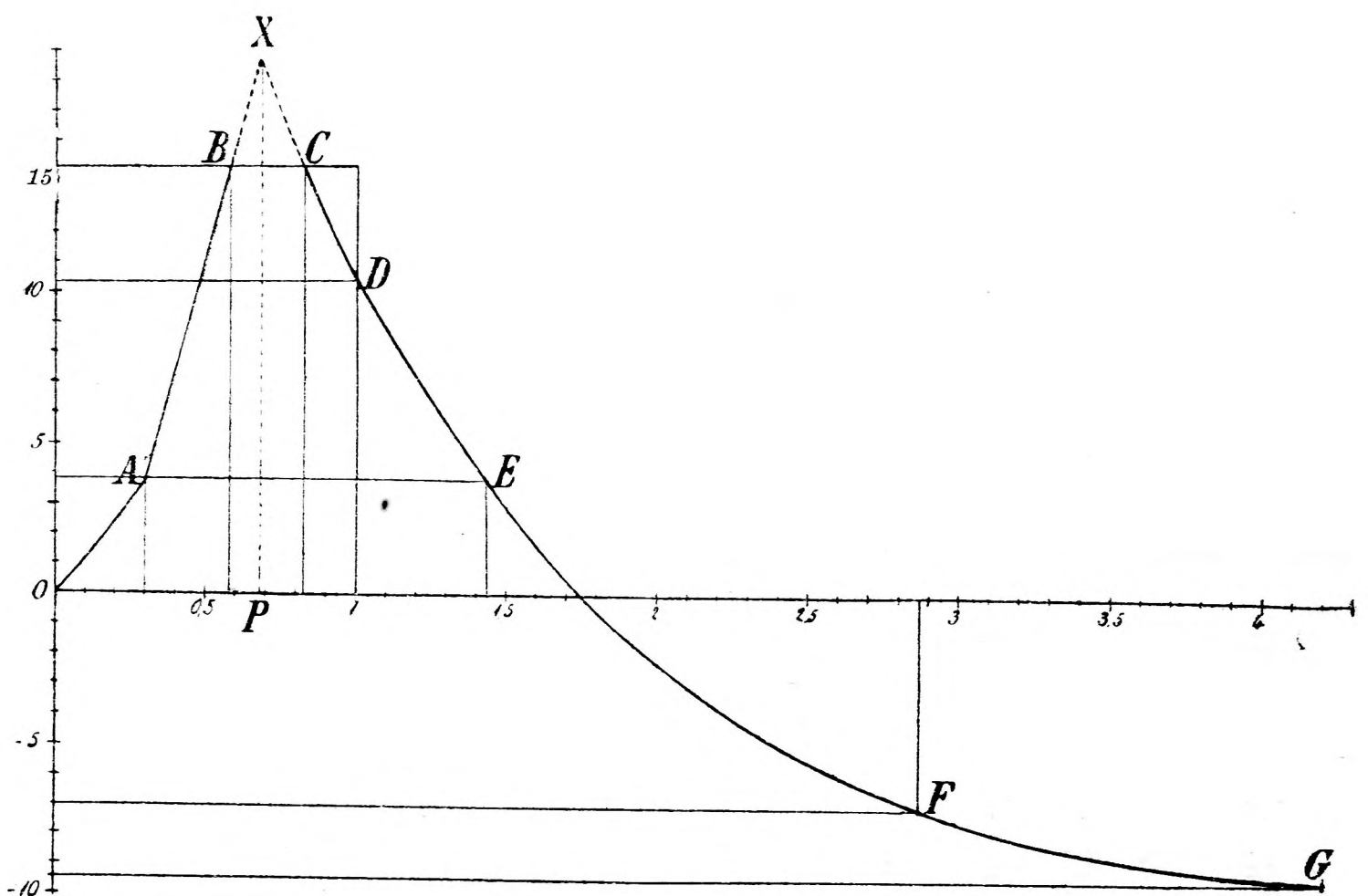




Tabelle V.

1 ccm Magensaft mit 30 ccm Wasser brauchte 3,4 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH.  
1 Stunde verdaut.

Nr.	Casein	$\frac{1}{10}$ -n-HCl	Wasser	Magensaft	Verdaut	Lecithinzusatz		Säurezuwachs pro 1 ccm Magensaft in $\frac{1}{20}$ -n-KOH	Zunahme im Vergleich zum Parallelversuche ohne Lecithin	
	in g	in ccm	in ccm	in ccm	in Stunden	in ccm	in %	in ccm	in %	
	Stamm- lösung									
	0,5	7	24	—	—	—	—	4,6	—	—
1	0,5	7	23	1	1	—	—	10,4	—	—
2	0,5	7	22,8	1	1	0,2	0,286	10,8	0,4	3,85
3	0,5	7	22,6	1	1	0,4	0,572	12,0	1,6	15,38
4	0,5	7	22,4	1	1	0,6	0,838	12,0	1,6	15,38
5	0,5	7	22,2	1	1	0,8	1,144	11,6	0,8	11,53
6	0,5	7	22,0	1	1	1,0	1,43	10,8	0,4	3,85

Die untere Hälfte des Koordinatensystems ist mit Hilfe des vorigen Versuchs entstanden. Wenn man sich nämlich vorstellt, daß bei 1,43% dort 2,4, hier dagegen 3,85 Säurezuwachs waren, so muß man bei 2,86% igem Lecithinzusatz  $- 8,5 + 1,45 = - 7$  und bei 4,29% igem Lecithinzusatz  $- 10,85 + 1,45 = - 9,4$  setzen. Man kommt so zu den Punkten F und G, während man auf der positiven Hälfte als Schnittpunkte von Säurezuwachs und Lecithinzusatz die Punkte A, B, C, D und E gefunden hat. Verlängert man AB über B und DC über C hinaus, so erhält man den Schnittpunkt X, von dem aus die Senkrechte auf die Ordinate gezogen, der Punkt P sich finden läßt, der das Maximum der Begünstigung durch Lecithin geben mußte: In diesem Falle also 0,675% Lecithinzusatz oder auf 1 ccm Magensaft gleich 0,00675 g Lecithin.

Betrachtet man die Kurve näher, so sieht man, daß sie in zwei Teile zerfällt, nämlich in einen steil aufsteigenden ersten und einen allmählich abfallenden zweiten. Es macht den Eindruck, als ob sich verschiedene Einflüsse des Lecithins geltend machen, die verschiedenen Umständen zuzuschreiben sind. Vielleicht spielt das Lecithin hier die Rolle eines Zwischenkörpers oder Aktivators, oder es ist Antiferment, wenn solches zugegen, durch dasselbe beeinflusst worden.

Der folgende Versuch hatte den Zweck, den Punkt X der vorigen Zeichnung experimentell festzulegen. Dazu wurden die Lecithinzusätze zwischen 0,286—0,714% gewählt. Der Versuch wurde sonst unter den gleichen Verhältnissen wie der vorige, nur mit der fünffachen Menge gemacht.

Tabelle VI.  
1,429% ige Lecithinlösung.

Nr.	Casein in g	<sup>1</sup> / <sub>10</sub> -n- HCl in ccm	Wasser in ccm	Magen- saft in ccm	Ver- daut in Stun- den	Lecithin- zusatz in		Säurezuwachs in <sup>1</sup> / <sub>20</sub> -n-KOH auf 5 ccm   1 ccm Magensaft		Zunahme im Vergleich zu 0,286% Lecithinzusatz in ccm   in %	
						ccm	%				
1	2,5	35	116,5	5	1	1	0,286	52,4	10,48	—	—
2	2,5	35	116	5	1	1,5	0,428	62,8	12,56	2,08	+ 19,84
3	2,5	35	115,5	5	1	2	0,572	62,6	12,52	2,12	+ 19,42
4	2,5	35	115	5	1	2,5	0,714	62,0	12,4	2,0	+ 18,32

Man sieht auch hier wie bei Tab. V einen ziemlichen Sprung von 0,286 ‰ nach 0,572 ‰, der aber schon bei 0,428 ‰ seinen Höhepunkt hat und bei 0,714 ‰ nicht besonders fällt. Es ist vielleicht möglich, daß das Begünstigungsmaximum hier zwischen 0,428 ‰ und 0,572 ‰ liegt und dann allmählich über 0,714 ‰ nach 0,858 ‰ und dann noch weiter fällt. Es geht aus diesem Versuche hervor, daß der Punkt der höchsten Begünstigung sich nicht genau feststellen läßt, vielleicht weil sich sehr schnell der störende Einfluß des Lecithinüberschusses bemerkbar macht.

Die obigen Versuche hatten sich mit demselben Magensaft über die Zeitdauer von 10 Tagen erstreckt; der Magensaft war während dieser Zeit bei ungefähr 10° C. gestanden und hatte nach und nach in seiner proteolytischen Wirkung abgenommen. Es war daher interessant, auch einen frischen Magensaft bei gleichen Versuchsbedingungen auf seine Beeinflussung durch Lecithin zu prüfen.

Die hier folgenden Versuche wurden mit einer kleineren Portion von 200 ccm an drei aufeinander folgenden Tagen mit verschiedenen Zusätzen Lecithin unter sonst gleichen Versuchsbedingungen wie den bei der letzten Tabelle angeführten ausgeführt. Die einzelnen wagerechten Reihen geben direkt die Aciditätszunahme in  $\frac{1}{20}$ -n-KOH bei den angeführten Prozentzusätzen Lecithin an, die senkrecht unter einander stehenden die entsprechenden Versuche der drei aufeinander folgenden Tage.

Tabelle VIIa.

2,5 g Casein, 115 ccm Wasser, 35 ccm  $\frac{1}{10}$ -n-HCl, 5 ccm Magensaft und dem höchsten Lecithinzusatze entsprechende Wasserausgleiche. 1 ‰ige wässrige Lecithinemulsion (Merck).

Verdaut 1 Stunde bei 40°. Säurezuwachs in  $\frac{1}{20}$ -n-KOH.

Lecithinzusatz in Prozenten	Ohne	0,2 ‰	0,4 ‰	0,5 ‰	0,6 ‰	0,8 ‰
16. XI. 06	62,2	56,6	—	52,4	—	57
17. XI. 06	58,2	56,2	55,8	—	57	—
18. XI. 06	54,2	53,0	52,0	—	—	—

Im Gegensatz zu den früheren Versuchen mit Lecithinzusatz sieht man hier zunächst bei den kleinsten Zusätzen ein Fallen der Acidität, das sich beim erhöhten Zusatz noch steigert, um dann wieder abzunehmen. Die folgende Reihe soll die Abnahme in Prozenten gegenüber dem Versuche ohne Lecithin klarlegen.

Lecithinzusatz in Prozenten	Ohne	0,2 ‰	0,4 ‰	0,5 ‰	0,6 ‰	0,8 ‰
16. XI. 06	—	— 9	—	— 15,75	—	— 8,36
17. XI. 06	—	— 3,43	— 4,12	—	— 2,06	—
18. XI. 06	—	— 2,21	— 4,06	—	—	—

Es wird also der verdauungsstörende Einfluß von Tag zu Tag geringer, während aber auch gleichzeitig die verdauende Kraft des Magensaftes, wie es aus den täglichen Proben ohne Lecithinzusatz hervorgeht, von Tag zu Tag abnimmt. So nähern sich die Werte ohne und bei 0,2 ‰ igem Lecithinzusatz einander immer mehr und es ist erklärlich, warum sich bei der früheren Portion Magensaft in der Kurve, die mit einem ca. 8.—9 Tage alten Magensaft aufgestellt wurde, überhaupt zuerst kein störender Einfluß des Lecithins bemerkbar machte. Es ist wohl mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß das Lecithin im obigen Versuche bei richtig gewähltem Lecithinzusatze noch befördernd gewirkt hätte, was durch folgenden Versuch noch bekräftigt wird. Derselbe wurde unter sonst gleichen Versuchsbedingungen nur bei 40 Minuten Verdauungsdauer ausgeführt.

Tabelle VIIb.

 Verdaut 40 Min. bei 40°. Säurezuwachs in  $\frac{1}{20}$ -n-KOH.

Lecithinzusatz in Prozenten	Ohne	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
Säurezuwachs in $\frac{1}{20}$ -n-KOH	44	40,4	43,8	45,8	43	41	40,6
Befördernder resp. verzögernder Einfluß des Lecithins in Prozenten	—	— 8,18	— 0,45	+ 4,09	— 2,32	— 6,81	— 7,73

Es ist also hier bis 0,6% Lecithinzusatz noch ein verzögernder, dann bei 0,9 ein befördernder und dann bei erhöhtem Zusatze ein ansteigend verzögernder Einfluß des Lecithins zu bemerken. Man sieht aber außerdem noch, daß zu diesen komplizierten Verdauungsvorgängen bei Lecithinzusatz noch ein neuer Faktor hinzukommt, nämlich Verdauungszeit.

Es scheint also das Lecithin in seiner befördernden Wirkung erst dann zur Geltung zu kommen, wenn für die Verdauung ungünstige Verhältnisse geschaffen sind, z. B. die Verdauung in ein langsames Stadium getreten ist. So wirkt auch das Lecithin dann früher befördernd, wenn der Magensaft in seiner proteolytischen Wirkung z. B. durch längeres Stehen zurückgegangen ist.

Es war daher interessant, einen durch Stehen im Thermostaten abgeschwächten Magensaft auf sein Verhalten dem Lecithin gegenüber zu prüfen. Dazu diente eine neue Portion Magensaft desselben Hundes, von dem die eine Portion kalt, die andere im Thermostaten bei 37° gehalten wurde. Dem in den Thermostaten gestellten Magensaft wurde ein kleines Stückchen Thymol zugegeben. Die folgende Tabelle wurde mit dem 2 mal 24 Stunden kalt gestandenen Magensaft angefertigt. Die Lecithinlösung war 1% und frisch aus Merckschem Lecithin dargestellt.

Tabelle IX.

Versuchsreihe nach Mett mit je 2 Röhrchen.  
Verdaut 10 Stunden im Thermostaten bei 38°.

Nr.	Magen- saft in ccm	Wasser- zusatz in ccm	Zusatz einer 1%igen Le- cithinlösung in ccm	Prozentgehalt des Lecithins auf Magen- saft bezogen	Ver- daut in mm	Zunahme gegen- über dem Ver- such ohne Leci- thinzusatz in	
						mm	%
1	2	6	—	—	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	—	—
1 a	2	5	1	0,5	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	+ <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	+ 10
1 b	2	4	2	1	4 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	+ <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	+ 16,66
2	2	1	—	—	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	—	—
2 a	2	—	1	0,5	5 <sup>2</sup> / <sub>8</sub>	— <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	— 6,67
3	2	—	—	—	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	+ 0	+ 0

Man sieht hier bei dem aufs Vierfache mit Wasser resp. Lecithinzusatz verdünnten Magensaft bei 0,5% und 1% Lecithinzusatz eine verdauungsfördernde Wirkung von 10 und 16,66%. — Vergleiche Versuch 1 mit 1a und 1b. — Dagegen aber bei dem unverdünnten resp. nur auf die durch Lecithinzusatz entstandene Verdünnung gebrachten bei 0,5% Lecithinzusatz eine verdaunungshemmende Wirkung von 6,67%. Kein merklicher Unterschied aber ist zwischen 2 und 3 d. h. einem ums Dreifache mit Wasser verdünnten und einem unverdünnten Magensaft zu bemerken.

Die Versuchsreihe nach Mett mit dem 2 mal 24 Stunden im Thermostaten gestandenen Magensaft ergab folgende Resultate:

Tabelle X.

Versuche nach Mett mit  $2 \times 24$  Stunden im Thermostaten gestandenen Magensaft.

Verdaut 10 Stunden im Thermostaten bei 38°.

Nr.	Ma- gen- saft in ccm	Was- ser- zusatz in ccm	Zusatz einer 1%igen Le- cithinlösung in ccm	Prozent- gehalt des Lecithins auf Magensaft bezogen	Physiol. NaCl- Lösung in ccm	Ver- daut in mm	Zunahme gegen- über den Ver- suchen ohne Le- cithinzusatz in	
							mm	%
1	2	6	—	—	—	1 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	—	—
2	2	5	1	0,5	—	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	+ <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	+ 13,33
3	2	4	2	1	—	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	+ <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	+ 33,33
4	2	3	3	1,5	—	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	+ <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	+ 33,33
5	2	2	4	2	—	2	+ <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	+ 6,66
2a	2	3	2	1	1	2	+ <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	+ 6,66
2b	2	2	2	1	2	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	— <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	— 20

Hier übte das Lecithin bei 0,5% Zusatz bereits einen befördernden Einfluß von 13,33% aus, der sich bei 1 und 1,5% auf 33,33 steigerte, um dann bei 2% wieder stark abzufallen. Der stark befördernde Einfluß von 1% Lecithin wurde bei 1 ccm physiologischer Kochsalzlösung auf 6,66% heruntergedrückt, um bei noch gesteigertem Zusatze auf — 20% herunterzugehen.

Im Vergleich mit Tabelle IX ist die verdauende Kraft des Magensaftes durch 2 mal 24 stündiges Stehen im Thermostaten von  $3\frac{3}{4}$  auf  $1\frac{7}{8}$  mm, also um 50% zurückgegangen. Ferner ist zu ersehen, daß bei dem im Thermostaten gestandenen Magensaft durch Lecithinzusatz eine bedeutend höhere Beförderung erzielt werden konnte.

Der 48 Stunden kalt gestandene Magensaft wurde mit dem im Thermostaten gestandenen auch nach Volhard nach 24 und 48 Stunden in seiner Verdauungskraft geprüft; dabei hatte der im Thermostaten gestandene im Verhältnis zu dem kalt gestandenen abgenommen nach

24 Stunden um 19,42 %

48 » » 42,48 %.

Mit dem nun so in seiner Verdauungswirkung stark geschwächten Magensaft wurden unter verschiedenen Lecithinzusätzen nach Volhard folgende Ansätze gemacht.

Tabelle XI.

Verdaut bei 40°, Lecithinlösung 1% von Merck.

Nr.	Casein in g	$\frac{1}{10}$ -n- HCl in ccm	Wasser in ccm	Magen- saft in ccm	Ver- daut in Mi- nuten	Lecithin- zusatz in		Säurezuwachs in ccm $\frac{1}{20}$ -n- KOH pro 5 ccm   1 ccm Magensaft		Zunahme im Vergleiche zum Parallel- versuche ohne Lecithin in	
						ccm	%	ccm	%	ccm	%
1	2,5	35	115	5	40	0	—	34,4	6,88	—	—
2	2,5	35	114	5	40	1	0,2	35,4	7,05	0,17	+ 2,47
3	2,5	35	113	5	40	2	0,4	36,2	7,24	0,36	+ 5,23
4	2,5	35	112	5	40	3	0,6	38,0	7,6	0,72	+ 10,46
5	2,5	35	111	5	40	4	0,8	39,0	7,8	0,92	+ 13,37
6	2,5	35	115	5	40	0	—	34,0	6,8	0,08	— 1,16

1 und 6 waren ohne Lecithinzusatz und zwar aus folgendem Grunde. Um ganz genau nach der Sekunde jeden Versuch in Wirkung treten zu lassen und dann nach der bestimmten Zeit ausschalten zu können, wurde jeder folgende Versuch 1 Minute später als der vorhergehende mit Magensaft versetzt und

nach abgelaufener Verdauungszeit mit Glaubersalz gefällt. Der Versuch 6 diente als Kontrollversuch zu 1, um zu zeigen, um wieviel die während des Versuchs eintretenden Temperaturschwankungen vom Einstellen des ersten bis Herausnahme des letzten das Resultat beeinflussen konnten. Man sieht, daß die Verschiebung eine sehr geringe war und daß das Resultat höchstens im verdauungsfördernden Sinne hätte beeinflußt werden können.

Es geht aus dieser Tabelle hervor, daß das Lecithin bei diesem durch Wärme beeinflußten Magensaft verdauungsfördernd gewirkt hat. Die Steigerung geht progressiv weiter und hat wahrscheinlich bei 0,8% Lecithinzusatz noch nicht ihren Höhepunkt erreicht. Im Vergleich zu Tabelle V liegt das Maximum der Begünstigung hier höher. Während dort bei 0,6% die höchste befördernde Wirkung des Lecithins, nämlich 15,38% erreicht war, steigt sie hier, wenn auch allmählicher, von 10,46% bei 0,6% Lecithinzusatz auf 13,37% bei 0,8% Lecithinzusatz.

## II. Versuche mit Pankreassaft.

### A. Wirkung des Lecithins auf proteolytisches Enzym.

Ebenso wie beim Magensaft wirkt auch beim pankreatischen Saft der Lecithinzusatz teils befördernd, teils verzögernd auf die Verdauung ein. Die einschlägigen Versuche wurden nach der von Löhlein modifizierten Volhardschen Methode gemacht mit einer alkalischen Caseinlösung, die pro Liter 50 g Casein gelöst in 40 ccm  $\frac{1}{1}$ -n-NaOH enthielt.

Tabelle XII.

Verdaut bei 40°; 1,1697%ige wässrige Lecithinlösung Kahlbaum.

Nr.	Volhard- sche Lösung in ccm	Casein in g	Wasser in ccm	Ver- daut in Stun- den	Pankreas- saft unver- dünnt in ccm	Lecithin- zusatz in		Säure- zuwachs in		Zunahme gegen den Parallelversuch ohne Lecithin	
						ccm	%	$\frac{1}{20}$ -n-KOH auf 5 ccm	1 ccm Pankreassaft	in ccm	in %
1	100	5	280	1	5	—	—	237,5	47,5	—	—
2	100	5	279	1	5	1	0,24	224,7	44,94	— 2,56	— 5,39
3	100	5	278	1	5	2	0,48	217,1	43,42	— 4,08	— 8,6



Der Pankreassaft war aus der Abteilung des Herrn Professor Pawlow und war vorher mit Darmsaft aktiviert worden. Es wurden dazu auf 80 ccm Pankreassaft 1 ccm Entero-kinase genommen und durch  $3\frac{1}{2}$  stündiges Stehen im Thermostaten aktiviert.

Unter diesen Verhältnissen hatte das Lecithin auf die Verdauung verzögernd eingewirkt und zwar bei 0,48<sup>o</sup>/<sub>o</sub> mehr als bei 0,24<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Zu den nächsten Versuchen wurden je 50 ccm Volhard-  
sche Caseinlösung genommen, dieselbe mit Wasser auf 250 ccm verdünnt, dazu stets ein und derselbe Lecithinzusatz gemacht und mit verschiedenen Mengen einer 10<sup>o</sup>/<sub>o</sub>igen Pankreaslösung  $\frac{3}{4}$  Stunden bei 40<sup>o</sup> verdaut. Die in jeder Versuchsreihe angeführten zwei Parallelversuche wurden stets zu gleicher Zeit in einem Wasserbade, also unter genau den gleichen Versuchsbedingungen ausgeführt. Leider zogen sich die in den drei Versuchsreihen angeführten Versuche über eine Zeitdauer von 3 Tagen hinaus, so daß der Pankreassaft sich, obgleich er kalt stand, etwas verändert haben mag. Auch mögen wohl die Temperaturen, obgleich peinlich auf die Verdauungstemperatur geachtet war, nicht ganz genau die gleichen gewesen sein. Kleinere Differenzen in der ergänzenden Zusammenstellung sind daher nicht ausgeschlossen, doch sind jedenfalls, worauf es am meisten ankommt, die Parallelverhältnisse unter genau den gleichen Verhältnissen ausgeführt worden.

Aus dieser Versuchsreihe geht hervor, daß unter bestimmten Konzentrationsverhältnissen — in diesem Falle bei einer 1<sup>o</sup>/<sub>o</sub>igen Caseinlösung und ca. 1<sup>o</sup>/<sub>o</sub>igen Lecithinzusätze auf das Casein bezogen — bei gewissen Zusätzen an Pankreassaft eine verdauungbegünstigende Wirkung erzielt werden kann. Man sieht, daß bei 1,56<sup>o</sup>/<sub>o</sub> igem Lecithinzusatz die verdauungstörende Wirkung 1,66<sup>o</sup>/<sub>o</sub> ausmacht, bei 1,95 schon weniger, nämlich 1,5<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, bei 2,33<sup>o</sup>/<sub>o</sub> ist auf einmal eine bedeutende Steigerung von — 1,5 auf + 9,29, also um 10,79<sup>o</sup>/<sub>o</sub> eingetreten; dann fällt diese Steigerung bei 2,93 auf 2,33<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, d. h. um 6,96<sup>o</sup>/<sub>o</sub> herunter, wirkt aber noch immer begünstigend und geht dann bei höheren Lecithinzusätzen in eine verdauungstörende Wirkung über.

Tabelle XIII.

Verdaut bei 40°; wässrige 1,17%ige Kahlbaumsche Lecithinlösung.

Nr.	Volhard- sche Lö- sung in ccm	Ca- sein in g	Was- ser in ccm	Ver- daut in Mi- nuten	10%ige Pan- kreas- lösung in ccm	Lecithin- lösung in		Säurezuwachs in ccm $\frac{1}{20}$ -KOH titriert		Zunahme gegen den Pa- rallelversuch ohne Lecithin in	
						ccm	%	berechnet auf 1 ccm Pankreas- saft		ccm	%
1. Versuchsreihe.											
1	50	2,5	250	45	5	—	—	60,3	120,6	—	—
1 a	50	2,5	249	45	5	1	2,34	65,9	131,8	+ 11,2	+ 9,29
2	50	2,5	250	45	1	—	—	16,7	167,0	—	—
2 a	50	2,5	249	45	1	1	11,69	15,9	159,0	— 8	— 4,8
2. Versuchsreihe.											
3	50	2,5	250	45	7,5	—	—	73,3	97,7	—	—
3 a	50	2,5	249	45	7,5	1	1,56	72,1	96,1	— 1,6	— 1,66
4	50	2,5	250	45	2,5	—	—	33,0	132,0	—	—
4 a	50	2,5	249	45	2,5	1	4,68	32,4	129,6	— 2,4	— 1,81
3. Versuchsreihe.											
5	50	2,5	250	45	6	—	—	67,9	113,2	—	—
5 a	50	2,5	249	45	6	1	1,95	66,9	111,5	— 1,7	— 1,5
6	50	2,5	250	45	4	—	—	51,5	128,75	—	—
6 a	50	2,5	249	45	4	1	2,93	52,7	131,75	+ 3	+ 2,33

## Zusammenstellung.

50 ccm Volhardsche Lösung enthaltend 2,5 g Casein auf 250 ccm mit Wasser verdünnt, unter Zugabe von 1 ccm Lecithinlösung = 0,011697 g Lecithin 45 Minuten verdaut.

Nr.	Pankreassaft in ccm	Lecithin- zusatz in %	Säurezuwachs in $\frac{1}{20}$ -n-KOH auf 1 ccm Pankreassaft berechnet		Zu- resp. Abnahme in %
			ohne Lecithin	mit Lecithin	
1	0,75	1,56	97,7	96,1	— 1,66
2	0,6	1,95	113,2	111,5	— 1,5
3	0,5	2,33	120,6	131,8	+ 9,29
4	0,4	2,93	128,75	131,75	+ 2,33
5	0,25	4,68	132,0	129,6	— 2,4
6	0,1	11,7	167,0	159,0	— 4,8

In der vorigen Versuchsreihe war das Verhältnis von Casein zu Lecithin ein konstantes, verändert wurde aber der Gehalt an verdauender Kraft, in diesem Falle der Pankreassaft. Es war nun interessant zu erfahren, wie sich das Resultat verändert, wenn das Verhältnis von Verdauungsobjekt und verdauender Kraft unverändert bleibt, dagegen aber der Lecithin-gehalt variiert wird. Als Verhältnis zwischen Casein und Pankreassaft wurde dasjenige gewählt, welches in obiger Zusammenstellung das günstigste Resultat ergeben hatte, nämlich auf 2,5 g Casein 0,5 ccm Pankreassaft. Die sonstigen Versuchsbedingungen blieben dieselben. Der Pankreassaft war inzwischen eine Woche älter geworden. Die vier Versuche wurden in einem Wasserbade angesetzt.

Tabelle XIV.

50 ccm Volhardsche Lösung mit 2,5 g Casein auf 250 ccm mit Wasser verdünnt, mit 0,5 ccm Pankreassaft 45 Minuten verdaut.

Nr.	Pankreas- saft in ccm	Lecithin- zusatz in ‰	Säurezuwachs in $\frac{1}{20}$ -n-KOH auf 1 ccm Pankreassaft berechnet	Zunahme im Ver- gleich zum Versuche ohne Lecithin	
				in ccm $\frac{1}{30}$ -n-KOH	in ‰
1	0,5	—	110,8	—	—
2	0,5	1,17	116,8	+ 6	+ 5,31
3	0,5	2,34	115,8	+ 5	+ 4,5
4	0,5	6,78	114,8	+ 4	+ 3,6

Im Vergleich zum Parallelversuche Tab. XIII, 1. Versuchsreihe Nr. 1 ist der Pankreassaft von 120,6 ccm titrierten  $\frac{1}{20}$ -n-KOH auf 110,8 ccm heruntergegangen, d. h. um 8,2‰, infolgedessen hat sich auch das Verhältnis zwischen Verdauungskraft und Verdauungsobjekt verändert. Man sieht aber immerhin, daß das Lecithin hier in jedem Falle gegenüber dem Parallelversuche ohne Lecithin befördernd gewirkt hat. Trotz dieser großen Veränderungen im Lecithinzusatze von 1,17—6,78‰ hat sich aber das Resultat in der Begünstigung nur um 1,71 verschoben.

Aus diesen beiden letzten Tabellen läßt sich folgender Schluß ziehen: das Lecithin wirkt in der pankreatischen Verdauung wie bei der peptischen befördernd bei einem bestimmten Verhältnis zwischen Verdauungsobjekt und verdauender Kraft. Es scheint dabei in einem bestimmten Zusatz das Maximum der Begünstigung zu veranlassen, während ein Überschuß stört.

## B. Auf fettspaltendes Enzym.

Um festzustellen, ob durch Lecithinzusatz die Pankreaslipase befördert wird, wurden folgende Versuche angesetzt. Der Pankreassaft war frisch und vorher wie zu den proteolytischen Versuchen mit Enterokinase aktiviert worden. Als Versuchsobjekt diente der Monobutylester des Glycerins in 1%iger wässriger Lösung. Es wurden zu gleicher Zeit 3 Parallelversuche angesetzt und zur Verhinderung einer eventuellen Bakterienbeeinflussung jedem Versuche 2 Tropfen Chloroform zugesetzt. Die drei Reagenzröhrchen standen 24 Stunden im Thermostaten bei 37°. Jeder Versuch wurde doppelt angesetzt und das Mittel von den beiden Ansätzen genommen. Außerdem wurde zur Kontrolle jeder Ansatz in der betreffenden Verdünnung direkt titriert. Als Indikator diente Phenolphthalein, von dem je 1 Tropfen einer 1%igen alkoholischen Lösung zugegeben wurde.

### 1. Versuch.

#### I.

5 ccm 1%iges Monobutylglycerin  
 1 » Lecithinlösung Kahlbaum = (0,011697 g Lecithin)  
 14 » Wasser  
 1 » Pankreassaft

titriert 1. 1,35 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH

2. 1,45 » »

im Durchschnitt also 1,4 » »

Davon ab für

direkt titriert 0,2 » »

bleiben 1,2 ccm für gespaltene Fettsäuren.

## II.

	1 ccm	Lecithinlösung	
	1 »	Pankreassaft	
	19 »	Wasser	
	1. =	0,5 ccm	$1/20$ -n-KOH
	2. =	0,6 »	»
im Durchschnitt	=	0,55 »	»
Davon ab für			
direkt titriert	=	0,2 »	»
bleiben		<u>0,35 ccm</u>	für gespaltene Fettsäuren.

Zieht man die durch Fettspaltung des Lecithins gefundenen Kubikzentimeter  $1/20$ -n-KOH von den bei dem gleichen Lecithinzusatz aus dem Fettsäureester abgespaltenen ab, so verbleiben für durch Pankreassaft allein aus dem Monobutylglycerin abgespaltene Fettsäuren = 0,85 ccm.

## III.

	5 ccm	Monobutylglycerin	
	1 »	Pankreassaft	
	15 »	Wasser	
titriert	1. =	0,8 ccm	$1/20$ -n-KOH
	2. =	0,8 »	»
Davon ab für			
direkt titriert	0,1 »		»
bleiben		<u>0,7 ccm</u>	$1/20$ -n-KOH.

Somit erhalten:

Mit Lecithinzusatz	gespaltene Fettsäuren	=	0,85 ccm	$1/20$ -n-KOH
Ohne Lecithinzusatz	gespaltene Fettsäuren	=	0,7 »	»
			<u>0,15 ccm</u>	$1/20$ -n-KOH = 21,4%

Durch Lecithinzusatz wurden also im Verhältnis zum Versuche ohne Lecithin 21,4% an Fettsäuren mehr gespalten. Nachdem der Pankreassaft 14 Tage kalt gestanden war,

wurde ein anderer Versuch angestellt. Diesmal wurde die Wasserverdünnung fortgelassen.

## 2. Versuch.

### I.

- 5 ccm Monobutylglycerin 1 0/0
- 1 » wässrige Lecithinlösung = 0,01 g Lecithin (Merck)
- 1 » Pankreassaft

Nach 22 Stunden im Thermostaten bei 37°  
titriert = 0,8 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH.

### II.

- 5 ccm Monobutylglycerin 1 0/0
- 1 » Pankreassaft
- 1 » Wasser

Nach 22 Stunden im Thermostaten bei 37°  
titriert = 0,2 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH.

### III.

- 5 ccm Wasser
- 1 » Lecithinlösung = 0,01 g Lecithin (Merck)
- 1 » Pankreas

Nach 22 Stunden im Thermostaten bei 37° schwach alkalisch.

I, II, III direkt titriert mit einem Tropfen = 0,03 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH versetzt alkalisch.

Der Versuch verlief wesentlich anders als der vorige. Es wurden also bei Lecithinzusatz viermal mehr Fettsäuren gespalten als ohne.

Ein dritter Versuch mit frischem, eben durch Enterokinase aktivierten Pankreassaft, bei dem die Wasserverdünnung fortgelassen wurde, verlief wie folgt:

## 3. Versuch.

### I.

- 5 ccm Monobutylglycerin.
- 1 ccm 1%ige Lecithinlösung Kahlbaum.
- 1 ccm Pankreassaft.

Nach 24 stündigem Stehen im Thermostaten bei  $38^{\circ}$   
 titriert 1. 1,15 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH  
 2. 1,25 » »  
 im Durchschnitt also: 1,2 »  
 Davon ab für  
 direkt titriert 0,1 »  
 bleibt 1,1 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH.

## II.

5 ccm Monobutylglycerin.  
 1 ccm Pankreassaft.  
 1 ccm Wasser.

Nach 24 stündigem Stehen im Thermostaten bei  $38^{\circ}$   
 titriert 1. 0,9 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH  
 2. 0,55 » »  
 im Durchschnitt also: **0,725** ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH.

## III.

5 ccm Wasser.  
 1 ccm Lecithinlösung 1 %.  
 1 ccm Pankreassaft

zeigte nach 24 stündigem Stehen im Thermostaten bei  $38^{\circ}$   
 schwach alkalische Reaktion.

2 und 3 direkt mit Phenolphthalein versetzt schwach alka-  
 lische Reaktion.

Somit :

Mit Lecithinzusatz gespal-  
 tene Fettsäuren = 1,1 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH  
 Ohne Lecithinzusatz ge-  
 spaltene Fettsäuren = 0,75 » »  
 = 0,35 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-KOH = 31,8 %.

Bei Lecithinzusatz wurden also im Verhältnis zum Ver-  
 suche ohne Lecithin 31,98 % Fettsäuren mehr gespalten.

## Schluß.

Aus den im vorstehenden angeführten Versuche geht hervor, daß das Lecithin in bestimmten Zusätzen die enzymatische Wirkung des Magen- resp. Pankreassaftes befördert, in anderen dagegen verzögert. Dabei war nun nicht berücksichtigt, wie diese Verdauungssäfte direkt auf Lecithin einwirken. Es ist wohl leicht zu zeigen, wie das Lecithin in reiner wässriger Lösung von diesen beiden Verdauungssäften beeinflusst wird, aber es ist höchst unwahrscheinlich, daß bei Gegenwart von Eiweiß neben der proteolytischen auch die fettspaltende Wirkung in dem Maße zur Geltung kommt, wie bei Abwesenheit einer proteolytisch spaltbaren Substanz. Selbst wenn man betreffs des Magensaftes auch die Möglichkeit zugibt, daß aus dem Lecithin bei den hier angeführten Versuchsbedingungen die Fettsäuren vollständig abgespalten werden könnten, so hätte bei progressiv gesteigertem Lecithinzusatze der titrierte Aciditätszuwachs auch stetig anwachsen müssen. Aus den verschiedenen Tabellen geht aber hervor, daß teils steigender teils fallender Aciditätszuwachs eintrat. Will man dagegen dem Lecithin nur einen verdauungsstörenden Einfluß zuschreiben und die teils steigende, teils fallende Aciditätszunahme dem Zusammenwirken dieser beiden Faktoren d. h. Erhöhung der Aciditätszunahme durch Abspaltung der Fettsäuren aus dem Lecithin und Erniedrigung durch den an und für sich verzögernden Einfluß des Lecithins, so hätte gegenüber dem Parallelversuche ohne Lecithin nach Abzug des aus dem Lecithin durch Fettspaltung zu berechnenden Säurezuwachses überhaupt keine Aciditätszunahme konstatiert werden dürfen. Aber auch das trifft nicht zu! Denn berechnet man, daß zur Esterspaltung des Lecithins auf 803 g Lecithin 112 g KOH d. h. 13,94% nötig sind, so wären z. B. bei Tabelle V bei den einzelnen Lecithinzusätzen folgende Mengen an titriertem Alkali in Abzug zu bringen (auf 1 ccm Lecithinlösung mit 0,0143 g Lecithin nämlich 0,00199 g KOH entsprechend 0,7 ccm  $\frac{1}{20}$ -n-Alkali):



Säurezuwachs	in ccm $\frac{1}{20}$ -n-KOH		Zu- resp. Abnahme in ccm im Vergleich zum Parallelver- suche ohne Lecithin
1. Ohne Lecithin . . . . .	—	10,4	—
2. Bei 0,2 ccm Lecithinzusatz	10,8 — 0,14	10,66	+ 0,26
3. » 0,4 » »	12,0 — 0,28	11,72	+ 1,32
4. » 0,6 » »	12,0 — 0,42	11,58	+ 1,18
5. » 0,8 » »	11,6 — 0,56	11,04	+ 0,64
6. » 1 » »	10,8 — 0,70	10,1	— 0,30

Man sieht also, daß auch bei Berücksichtigung dieses Umstandes das Resultat nicht wesentlich verändert worden wäre.

Auch beim Pankreassaft kann ein Teil des Säurezuwachses auf Spaltung des Lecithins bezogen werden, aber auch hier kann keine treffende Erklärung für seinen verschiedenartigen, teils fördernden, teils verzögernden Einfluß gefunden werden. Es wäre auch nicht angebracht, hier schon irgendwelche Vermutungen und Erklärungen zu suchen, da die hier einschlägigen Fragen und überhaupt diese Arbeit noch weiter verfolgt werden soll.