(Aus dem physiol.-chemischen Institut der Universität Budapest.
Direktor: Professor Franz Tangl.)

Über die intramolekulare Wasseraufnahme bei der tryptischen Verdauung des Eiweisses.

Von

Dr. **Paul Hári**, Assistent am Institute.

Wären die peptische und tryptische Verdauung in ihren Details ganz besonders bezüglich der quantitativen Verhältnisse so genau bekannt wie die hydrolytische Spaltung der Disacchariden oder der Polysacchariden, so wäre es ganz überflüssig noch davon zu sprechen, ob und in welcher Menge bei der hydrolytischen Spaltung im Laufe der Verdauungsprozesse Wasser in das zu spaltende Eiweissmolekül eintritt. Aber „bis heute (1904) ist noch kein Eiweisskörper quantitativ zerlegt“¹⁾.

Dazu kommt noch, dass, wie die Untersuchungen von Pick gezeigt haben, die Spaltungsprodukte (Albumosen, Peptone) der verschiedenen Eiweisskörper sehr verschiedene elementare Zusammensetzung zeigen. Unter solchen Umständen ist es wohl unmöglich, aus der elementaren Zusammensetzung der einzelnen selbst ganz rein dargestellten Spaltungsprodukte die intramolekulare Wasseraufnahme sicher zu entscheiden.

So ist es erklärlich, dass trotz der 1880 erschienenen Arbeit Danilewsky's — die weiter unten eingehend besprochen werden soll — Kühne und Chittenden²⁾ noch 1883 die Wasseraufnahme nicht als zweifellos sichergestellt betrachteten. Das geht aus ihrer folgenden Äusserung hervor: „Wenn es berechtigt ist, was vielfach geschieht, aus dem Herabgehen des C-Gehaltes und niederen Werten des N auf Wasseraufnahme zu schliessen,“ so würde „die Hemialbumose anzusehen sein als das erste Hydrat der Albumine“

1) Cohnheim, Chemie der Eiweisskörper, 2. Aufl., S. 38. 1904.

2) Kühne und Chittenden, Über die nächsten Spaltungsprodukte der Eiweisskörper. Zeitschr. f. Biologie Bd. 19 S. 204.

So weit ich die mir zur Verfügung stehende Literatur überblicken kann, hat ausser Danilewsky niemand diese Frage direkt experimentell geprüft; es schien also durchaus nicht überflüssig, meine in der voranstehenden Arbeit beschriebenen Versuche auch für diese Frage zu verwerten, um so mehr, als die Substanzverluste beim Eindampfen die Bestimmung der aufgenommenen Wassermenge etwas komplizieren, was Danilewsky nicht beachtet hat. Dem gegenüber gibt es eine ganze Reihe von Äusserungen, die sich auf die „Mitwirkung“ des Wassers bei der fermentativen Spaltung des Eiweisses beziehen. Ebenso zahlreich sind die Behauptungen der Wasseraufnahme, aber nur auf Grund der elementaren Zusammensetzungen gewisser Spaltungsprodukte.

Meissner¹⁾ dürfte wohl der erste gewesen sein, dem eine gewisse Analogie zwischen dem Verdauungsprozess und den durch siedendes Wasser erzeugten Spaltungen auffiel; auf Grund dieser und der Kühne'schen Arbeiten konnte L. Hermann²⁾ bereits 1868 aussagen, dass die Verdauungsvorgänge „sämtlich in hydrolytischen Spaltungen bestehen, und zwar unter der Mitwirkung hydrolytischer Fermente“.

Die Vermutung, dass bei der Wirkung der Verdauungsfermente Hydrolyse vor sich gehe, wurde bis jetzt ausschliesslich aus der Erfahrung geschöpft, dass eine grosse Ähnlichkeit (teilweise auch Identität) zwischen den Verdauungsprodukten und den durch Säurespaltung erhaltenen hydrolytischen Spaltungsprodukten der Eiweisskörper besteht. J. Möhlenfeld³⁾ war es, der im Jahre 1872 als erster versuchte, den Eintritt von Wasser in das Eiweissmolekül dadurch direkt darzutun, dass er die prozentische Zusammensetzung des von ihm bereits sogenannten Peptons mit der des unverdauten Fibrins verglich:

	Pepton	Fibrin
C	47,71 %	52,70 %
H	8,37 %	7,00 %
N	15,40 %	15,70 %
S + O	28,52 %	24,60 %

1) Meissner's Arbeiten, in der „Zeitschrift für rationelle Medizin“ Bd. 7, 8 und 14 erschienen, waren mir im Original nicht zugänglich; siehe hierüber: W. Kühne, Lehrbuch der physiologischen Chemie S. 46 1866.

2) Ludimar Hermann, Ein Beitrag zum Verständnis der Verdauung und Ernährung. Antrittsvorlesung 1868. Zürich 1869.

3) J. Möhlenfeld, Über die Peptone des Fibrins. Pflüger's Arch. B1. 5 S. 390. 1872.

„Drücken diese Zahlen die Zusammensetzung des Fibrins nahezu aus, so würde die Formel des oben beschriebenen Peptons sich nur unter der Annahme darauf zurückführen lassen, dass:

1. ein sehr kohlenstoffreicher Körper abgespalten wäre, oder
2. und das ist das bei weitem wahrscheinlichere, dass Wasser aufgenommen und Kohlensäure abgespalten wurde.“

Maly¹⁾ gibt (1874) den Eintritt von Wasser in das Eiweissmolekül wohl zu, bestreitet aber, dass gleichzeitig eine Spaltung des so vergrößerten Moleküls stattfindet.

B. Kistiakowsky²⁾ und Gorup-Besanez³⁾ (beide 1874) haben wenig Vertrauen in Möhlenfeld's Angaben. Gorup-Besanez schreibt: „Es ist Mode geworden, die tierischen Fermente und damit auch das Pepsin als hydrolytische zu bezeichnen Der Beweis, dass die Eiweisskörper durch das Verdauungsferment glatte Spaltungsprodukte unter Wasseraufnahme liefern, ist aber noch zu erbringen.“

F. Hoppe-Seyler⁴⁾ (1875) hat kein Bedenken auszusprechen, dass die Pepsinverdauung eine Fermentwirkung sei, die der Wirkung verdünnter Mineralsäuren in der Siedetemperatur entspreche, fügt aber hinzu: „Auch hier ist die Mitwirkung, aber nicht mit Sicherheit die Aufnahme von Wasser nachgewiesen.“

Albrecht Kossel⁵⁾ äussert sich (1876) bereits viel dezidierter und betrachtet es als feststehend, „dass im Verdauungsprozess eine Änderung in der Zusammensetzung des Eiweissmoleküls erfolgt ist, eine Änderung, die wohl nur auf den Eintritt von Wasser in das Molekül beruhen kann“

Im Jahre 1877 kam Hoppe-Seyler⁶⁾ auf einem anderen

1) Richard Maly, Chemische Zusammensetzung und physiologische Bedeutung der Peptone. Pflüger's Arch. Bd. 9 S. 600. 1874.

2) Basil Kistiakowsky, Ein Beitrag zur Charakteristik der Pankreaspeptone. Pflüger's Arch. Bd. 9 S. 445. 1874.

3) Gorup-Besanez, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 3. Aufl., S. 506. 1874.

4) F. Hoppe-Seyler, Über die Prozesse der Gärungen und ihre Beziehung zum Leben der Organismen. Pflüger's Arch. Bd. 12 S. 6 ff. 1875.

5) Albrecht Kossel, Ein Beitrag zur Kenntnis der Peptone. Pflüger's Arch. Bd. 13 S. 318. 1876.

6) F. Hoppe-Seyler, Spezielle physiologische Chemie 1877 S. 227.

Wege zur Überzeugung, dass die Peptone durch Wasseraufnahme aus den Eiweisskörpern entstanden sein müssen: „Wenn nun auch die prozentische Zusammensetzung der Peptone als genügend festgestellt nicht angesehen werden kann, ist festgestellt, dass die Peptone die Fähigkeit haben, mit den verschiedenen Basen und Säuren Verbindungen einzugehen in viel höherem Grade, als das von den eigentlichen Eiweissstoffen geschieht. Man darf deshalb annehmen, dass die Peptone zu den anderen Eiweissstoffen sich verhalten wie Hydrate zu den Anhydriden“

Robert Herth¹⁾ (1877) bestreitet die Richtigkeit der Möhlenfeld'schen und Kossel'schen Beweisführung, denn die von jenen Autoren für die Peptone „. mitgeteilten Analysen, welche die prozentischen Zahlen für Eiweiss zeigen, gestatten hier nicht einmal die Annahme einer Hydratation etwa wie sie bei der sonst so ähnlichen Umwandlung von Stärke in Traubenzucker stattfindet.“

A. Kossel²⁾ kommt 1879 auf Grund neuerer Elementaranalysen wieder zum Schluss, „dass die Bildung von Pepton aus Eiweiss durch die Einführung der Elemente des Wassers geschehe“.

Liebermann³⁾ fasst 1880 das Wesen der Verdauung der Eiweisskörper durch den Magensaft als einen Hydratationsprozess auf: „Die unverdauten Eiweisskörper wären die Anhydride, die Peptone aber die Hydrate derselben.“

Die Frage stand demnach so, wie sie 1875 von Hoppe-Seyler präzisiert wurde: Es war die Mitwirkung, aber nicht mit Sicherheit die Aufnahme von Wasser nachgewiesen.

Diese Lücke wurde von A. Danilewsky⁴⁾ 1880 durch einen höchst einfachen und sinnreichen Versuch ausgefüllt: Er brachte flockig gefälltes Albumin durch verdünnte Lauge in Lösung, von der dann genau gleiche Anteile in eigentümliche, den Liebig'schen Enten ähnliche Glasgefässe gefüllt und mit den gleichen Mengen eines wirksamen Pankreasextraktes versetzt wurden. An einer Portion

1) Robert Herth, Über die chemische Natur des Peptons und sein Verhältnis zum Eiweiss. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 1 S. 291.

2) Albrecht Kossel, Über die chemische Zusammensetzung der Peptone. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1879.

3) Leo Liebermann, Grundzüge der Chemie des Menschen 1880 S. 79.

4) A. Danilewsky, Über den Hydratationsvorgang bei der Peptonisation. Zentralbl. f. d. med. Wissensch. 1880 (referiert bei Maly Bd. 10 S. 34).

wurde einerseits durch Titration genau festgestellt, welche Mengen von $\frac{n}{10}$ HCl notwendig seien, um das Albumin wieder zu fällen —, anderseits aber die zu dieser Probe benutzte Fermentlösung durch vorangehendes Aufkochen unwirksam gemacht. Alle übrigen Portionen wurden der Digestion bei 35—40° ausgesetzt und nach Ablauf einer (nicht näher bezeichneten) Verdauungsperiode mit der oben ermittelten Mengen von $\frac{n}{10}$ HCl versetzt. Nun wurden sämtliche Proben, auch die nicht verdauten, durch einen trockenen 98—100° warmen Luftstrom im erwähnten Apparat eingedampft, bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und dann die Gewichte vor, ohne und nach der Verdauung verglichen.

Folgende Tabelle Danilewsky's zeigt die ansehnliche Gewichtszunahme in den vorher verdauten Portionen:

		Gewichtsunterschied	
I. (nicht peptonisiert)	0,5799		
II. (peptonisiert)	. . 0,6104	+ 0,0305	} im Mittel 0,0327
III. („)	. . 0,6150	+ 0,0351	
IV. („)	. . 0,6123	+ 0,0324	

Diese Gewichtszunahme von 0,0327 im Mittel entspricht dem während der Verdauung aufgenommenen Wasser.

Dadurch, dass das unverdaute Albumin durch die zugesetzte HCl flockig ausfiel, die Peptone aber mit Wasser extrahiert werden konnten, konnte Danilewsky auch feststellen, wieviel Pepton entstanden war, auf dessen Menge er dann das oben ermittelte Quantum des aufgenommenen Wassers bezog.

Es war durch diese vorzügliche Arbeit, wenn auch nicht der Wassereintritt, so doch die Gewichtszunahme der Trockensubstanz während der Pankreasverdauung einwandfrei bewiesen; dass diese, durch Wassereintritt und nicht etwa z. B. bloss durch O-Aufnahme erfolge, konnte namentlich bei Würdigung der Möhlenfeld'schen und Kossel'schen Analysen zumindest mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden. — Da ist es denn recht merkwürdig, dass Danilewsky's Arbeit von späteren Autoren wohl hie und da erwähnt wird, seine entscheidenden Befunde aber nicht recht gewürdigt werden.

Die von J. G. Otto¹⁾ 1883 analysierten Peptone zeigen eine

1) J. G. Otto, Beiträge zur Kenntnis der Umwandlung von Eiweissstoffen durch Pankreasferment. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 8 S. 140. 1883 u. 1884.

Verringerung ihres Gehaltes an C und N; H ist unverändert, O bedeutend vermehrt (26,3 gegen 22,5 %).

Dasselbe gilt auch für die von Chittenden und Goodwin¹⁾ 1891 untersuchten Myosinpeptone, in welchen der Sauerstoffgehalt von 22 auf 26 % angestiegen war. Otto sowohl als auch die letztgenannten beiden Autoren deuten die von ihnen gefundenen Unterschiede in der elementaren Zusammensetzung der Peptone gegen die Eiweissstoffe als sichere Anzeichen des Hydratationsprozesses.

Aus komplizierten Berechnungen der elementaranalytischen Daten von Eiweisskörpern und deren Derivaten berechnet Schmiedeberg²⁾ 1897 die Wasseraufnahme, ja sogar die Zahl der Moleküle Wasser, die in die eine oder in die andere Verbindung eingetreten sein mussten. —

J. Reynolds Green³⁾ hält zwar die Wasseraufnahme bei der Eiweisszersetzung für wahrscheinlich, trägt aber Bedenken, auf die Abnahme des Kohlenstoffes und die Zunahme des Wasserstoffes grosses Gewicht zu legen, „denn bei so grossen Molekülen, wie sie die Eiweisskörper haben müssen, ist bei einer derartigen Berechnung Spielraum für beträchtliche Irrtümer“.

Noch im Jahre 1903 lässt sich nach Oppenheimer⁴⁾ auf eine bei der Verdauung stattfindende hydrolytische Spaltung der Eiweisskörper „daraus schliessen, dass der peptischen Verdauung analoge Produkte beim Kochen von Eiweissstoffen mit verdünnten Säuren entstehen“.

Nach dem Angeführten ist es zweifellos, dass man mit der Elementaranalyse einzelner Verdauungsprodukte die intramolekulare Wasseraufnahme nicht endgültig entscheiden kann, und dass man der Lösung dieser Frage viel näher kommt, wenn man nach Danilewsky einfach die Gewichtszunahme der Trockensubstanz nach der Verdauung feststellt.

Auch hiermit ist es jedoch noch nicht erwiesen, dass die Ge-

1) R. H. Chittenden and R. Goodwin, Myosin Peptone. Journ. of Physiology vol. 12 p. 90. 1891.

2) O. Schmiedeberg, Über die Elementarformeln einiger Eiweisskörper usw. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmak. Bd. 39 S. 41 ff. 1897.

3) J. Reynolds Green-Windisch, Die Enzyme 1901.

4) Carl Oppenheimer, Die Fermente und ihre Wirkungen, 2. Aufl., S. 134. 1903.

wichtszunahme nicht etwa, wenigstens teilweise durch O-Aufnahme, also durch einfache Oxydation bedingt ist. Es war also zu erwarten, dass, wenn man die Bestimmung der Trockensubstanzzunahme während der Verdauung mit der Elementaranalyse des gesamten Verdauungsgemisches vor und nach der Verdauung verbindet, dann entschieden werden kann, ob die Gewichtszunahme der Trockensubstanz tatsächlich auf intramolekularer Wasseraufnahme beruhe.

Diesen Weg habe ich eingeschlagen; allerdings nur in einer Versuchsreihe, während in zwei Versuchsreihen bloss die Trockensubstanz vor und nach der Verdauung bestimmt wurde. Es hat sich nämlich erst durch die vorangehenden zwei Versuchsreihen die Notwendigkeit der Elementaranalyse herausgestellt, indem, wie aus voranstehender Arbeit ersichtlich, die Ermittlung der Zusammensetzung der bei der Eindampfung sich verflüchtigenden Substanzen geboten erschien.

Da in meiner angeführten Arbeit die einzelnen Versuchsreihen sowie die bei der Trockensubstanzbestimmung und der Elementaranalyse befolgte Methodik ausführlich beschrieben sind, begnüge ich mich, in der auf S. 59 stehenden Tabelle jene Daten anzuführen, welche sich auf die Gewichtszunahme der Trockensubstanz während der Verdauung beziehen.

Aus diesen Zahlen geht nicht nur hervor, dass während der Verdauung die Trockensubstanz zunimmt, sondern auch, dass diese Gewichtszunahme mit der Verdauung fortschreitet.

So augenscheinlich das auch ist, so sind doch bemerkenswerte Unregelmässigkeiten zu beobachten, indem einige der Ziffern (in der Tabelle fett gedruckt), welche die prozentuale Gewichtszunahme der Trockensubstanz darstellen, niedriger sind als der Dauer der Verdauung entsprechen würde und im betreffenden Parallelversuch auch in der Tat zu verzeichnen war. Aus der Tabelle ist aber auch leicht ersichtlich, dass die Gewichtszunahme der Trockensubstanz gerade in denjenigen Versuchen niedriger ausfiel, die durch den auffallend geringen Wassergehalt (ebenfalls fett gedruckt) des mit Eindampfung gewonnenen Rückstandes ausgezeichnet sind, in welchen also das Verdauungsgemisch besonders stark eingedampft wurde.

Die Verdauungsgemische wurden nämlich immer nur so weit eingedampft, dass aus dem Rückstande die zur kalorimetrischen Bestimmung erforderlichen Pastillen gepresst werden konnten. Diesen Rückstand, der demnach immer mehr oder minder ansehnliche Mengen

von (nicht intramolekular gebundenem) Wasser enthielt, habe ich dann genau gewogen und zu einem gleichmässigen Pulver verrieben; an 0,20—0,30 g dieses Pulvers wurde dann, durch weiteres Trocknen bei 60—70° C. im Vakuum bis zur Gewichtskonstanz, der Trockensubstanzgehalt bestimmt. Von der auf diese Weise erhaltenen Trockensubstanz zog ich noch die Asche ab.

Tabelle 1.

Versuchsreihe und Versuchsnummer	Dauer der Verdauung	Aschenfreie Trockensubstanz				Wassergehalt des nach der Verdauung eingedampft. Rückstandes ¹⁾
		im ursprüngl. Eiweiss- Ferment-Pulver- Gemisch	in der eingedampften Lösung des Gemisches	Gewichtszunahme		
	Tage	g	g	g	‰	‰
3 II b	4	3,8169	3,8762	0,0593	1,55	8,68
3 III a	8	3,7709	3,8123	0,0414	1,10	8,60
3 III b	8	3,5409	3,6038	0,0629	1,77	10,36
3 IV a	12	3,5154	3,6722	0,1568	4,46	10,53
3 IV b	12	3,7630	3,8494	0,0864	2,30	7,32
3 V a	16	3,5918	3,7320	0,1402	3,90	11,83
3 V b	16	3,3316	3,3756	0,0440	1,32	7,07
3 VI a	18	5,8332	6,0876	0,2544	4,36	10,88
3 VI b	18	5,0040	5,1904	0,1864	3,72	9,08
1 II a	19	3,3641	3,5458	0,1817	5,40	7,06
1 II b	19	3,3739	3,5415	0,1676	4,97	6,53
2 II a	23	5,4655	5,7534	0,2879	5,77	10,74
2 II b	23	5,4655	5,7322	0,2667	4,88	10,36
3 VII a	34	4,9854	5,2516	0,2662	5,34	24,55
3 VII b	34	5,2475	5,5892	0,3417	6,51	21,03
1 III a	42	3,3947	3,5130	0,1183	3,48	5,50
2 III a	45	5,4655	5,7753	0,3098	5,67	10,33
3 VIII a	51	5,9114	6,3606	0,4492	7,60	15,83
3 VIII b	51	5,0710	5,4343	0,3633	7,16	22,15
2 IV b	65	5,4655	5,8010	0,3355	6,14	10,24

Ich habe in meiner voranstehenden Arbeit gezeigt, dass je stärker das Verdauungsgemisch eingedampft wurde, desto grössere Energieverluste beobachtet werden konnten, welche dadurch entstehen, dass C- und H-, eventuell auch N-haltige organische Verbindungen in erhöhter Menge sich verflüchtigen.

Es unterliegt nun keinem Zweifel, dass die Unregelmässigkeiten in der Zunahme der Trockensubstanz durch die Substanzverluste bedingt werden, welche das betreffende Gemisch durch das stärkere Eindampfen erlitten hat.

1) Ein aliquoter Teil dieses Rückstandes diente dann zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes.

Dass die Energieverluste in dem noch wasserhaltigen Eindampfungsrückstände beobachtet wurden, und dass ihre Grösse von dem Wassergehalte dieses Rückstandes abhängt, spricht dafür, dass die Zersetzungen zum grössten Teil während des Eindampfens vor sich gehen. Während des Trocknens dieses Rückstandes im Vakuum, was viel rascher geschieht, dürften die eventuellen weiteren Zersetzungen kaum nennenswerte sein; denn sonst müssten ja bei allen Versuchen annähernd gleiche Substanzverluste (C-, H- eventuell N-Verluste) gefunden werden, da ja alle Rückstände (bei der Trockensubstanz-Bestimmung) bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wurden.

Schon die Grösse der mit der Verdauung fortschreitenden Gewichtszunahme der Trockensubstanz spricht für die intramolekulare Wasseraufnahme, da von einer so bedeutenden Oxydation bei der tryptischen Verdauung nichts bekannt ist.

Die Ergebnisse der Elementaranalyse bestätigen diese Annahme. Es fand sich nämlich in den betreffenden Versuchen nicht nur eine wesentliche Zunahme des Sauerstoffes, sondern auch eine bedeutende Zunahme des Wasserstoffes.

Tabelle 2.

Versuchs- nummer	Dauer der Verdauung	Aschenfreie Trockensubstanz			
		vor der Verdauung	Gewichtszunahme		
			g	g	%
VI a	18 Tage	5,8332	0,2544	4,36	
VII a	34. "	4,9854	0,2662	5,34	
VII b	34 "	5,2475	0,3417	6,51	
VIII a	51 "	5,9114	0,4492	7,60	
VIII b	51 "	5,0710	0,3633	7,16	

Versuchs- nummer	H		Ver- mehrung des H	Aus der H-Ver- mehrung berechnete Wasseraufnahme		
	im ursprüng- lichen Eiweiss- Fermement Pulvergemisch	in der ein- gedampften Lösung des ver- dauten Gemisches				
	g	g	g	g	%	
VI a	0,4540	0,4779	0,0239	0,2151	3,69	
VII a	0,3880	0,4137	0,0257	0,2313	4,64	
VII b	0,4084	0,4236	0,0152?)	0,1368	2,61	
VIII a	0,4600	0,4938	0,0338	0,3042	5,15	
VIII b	0,3946	0,4346	0,0400	0,3600	7,10	

Ist die konstatierte Vermehrung der Trockensubstanz tatsächlich nur durch die intramolekulare Wasseraufnahme bedingt, so müsste

diese Vermehrung genau jener Wassermenge entsprechen, die sich aus der H-Vermehrung berechnen lässt. Diese Übereinstimmung ist aber anderseits nur dann zu erwarten, wenn während der Verdauung oder während des Eindampfens kein H verloren geht. Nun geht aber, wie ich es in meiner voranstehenden Arbeit zeigte, während des Eindampfens wirklich organische Substanz, mit dieser also H, verloren, woraus also auch folgt, dass die im verdauten Gemisch gefundene H-Zunahme kleiner sein muss wie die dem tatsächlich aufgenommenen Wasser entsprechende; d. h. die aus der H-Aufnahme berechnete Wasseraufnahme wird geringer sein als die wirkliche.

Wie aus Tabelle II ersichtlich, habe ich in den dort angeführten fünf Versuchen die intramolekulare Wasseraufnahme aus der H-Vermehrung berechnet und neben jene gestellt, die sich ergibt, wenn man die Trockensubstanzvermehrung gleich intramolekulare Wasseraufnahme setzt. —

Mit Ausnahme des Versuches VII b, in welchem die H-Analyse zweifelhaft ist, stimmen die beiden Werte annähernd überein; vollständig allerdings nur im Versuch VIII b, während bei den anderen die aus der H-Vermehrung berechnete Wasseraufnahme geringer ist.

Wenn es auch feststeht, dass infolge des H-Verlustes beim Eindampfen die aus der H-Zunahme berechnete Wasseraufnahme zu klein ist, kann man noch nicht behaupten, dass die Trockensubstanzzunahme den richtigen Wert angibt, wenn auch beide Werte der Wirklichkeit annähernd entsprechen dürfen.

Ebenso wie aus der H-Vermehrung, könnte man ja auch aus der O-Vermehrung in der verdauten Trockensubstanz die Wasseraufnahme berechnen, wenn O eben nur in Form von Wasser aufgenommen würde. Die beobachtete O-Vermehrung ist aber im Verhältnisse zur H-Vermehrung viel grösser als 8 : 1.

Aus der O-Vermehrung würde sich also eine viel bedeutendere Wasseraufnahme berechnen, die die Trockensubstanzzunahme gewaltig übertreffen würde¹⁾. Dies spräche dafür, dass O auch in anderer Form als Wasser an der Reaktion teilnimmt (Oxydation); auch ist es möglich, dass die flüchtigen organischen Zersetzungsprodukte an H relativ reich und an O arm sind, was das Verhält-

1) In meinen Versuchen betrugen diese: im Versuche VI a 9,4 %, VII a 10,9 %, VII b 12,6 %, VIII a 12,6 %, VIII b 11,3 %.

nis O : H in dem zurückgebliebenen Substanzgemenge ähnlich beeinflussen würde.

Dass man nicht berechtigt ist, das O-Plus mit H_2O -Aufnahme zu erklären, geht auch daraus hervor, dass man in diesem Falle einen so bedeutenden H-Verlust auch in jenen Versuchen annehmen müsste, in welchen weder ein in Betracht kommender Energie- noch C-Verlust nachweisbar war.

Wie dem auch sei, kann man nach den erhobenen Befunden, aus der annehmbaren Übereinstimmung der aus der H- und Trockensubstanzvermehrung berechneten Wasseraufnahme, mit voller Berechtigung den Schluss ziehen, dass während der tryptischen Verdauung mit fortschreitender Hydrolyse nicht nur eine Mitwirkung von Wasser, sondern auch eine intramolekulare Wasseraufnahme stattfindet, deren Grösse annähernd, wenn auch nicht ganz genau der Trockensubstanzzunahme entspricht.

Auch lässt sich so annähernd feststellen, welche Fortschritte die Wasseraufnahme während der verschiedenen Verdauungsperioden von 24 zu 24 Stunden macht.

Dauer der Verdauung Tage	Wasseraufnahme (Gewichtszunahme der Trockensubstanz) %	Wasseraufnahme in 24 Stunden %
4	1,55	0,39
8	1,43	0,18
12	3,38	0,28
16	2,61	0,17
18	4,02	0,22
19	5,18	0,27
23	5,07	0,22
34	5,92	0,15
42	3,48	0,08
45	5,67	0,12
51	7,38	0,14
65	6,14	0,09

Die durch die stärkere Eindampfung bedingten Abweichungen springen zwar auch ins Auge, hindern aber nicht erkennen zu lassen, dass sowohl ein Fortschreiten der H_2O -Aufnahme stattfindet, als auch, dass diese anfangs rascher, später aber langsamer vor sich geht.

Da ich die bei allen Verdauungsversuchen notwendigen Verdünnungen der Gemische aus technischen Gründen nicht über ein

gewisses Mass hinaus vornehmen durfte, muss es dahingestellt bleiben, ob die Verlangsamung der H_2O -Aufnahme diesem Umstande zuzuschreiben sei, oder aber dem Verdauungsprozess wirklich eigentümlich sei.

Diese Arbeit wurde auf Anregung und unter der Anleitung des Herrn Prof. Franz Tangl ausgeführt.