

# Zum Chemismus der Verdauung im tierischen Körper.

## XXVI. Mitteilung.

### Über das Verhalten verschiedener Eiweißarten im Magen und oberen Duodenum des Hundes.

Von

**E. S. London** und **W. W. Polowzowa.**

---

(Aus dem pathologischen Laboratorium des K. Institutes für experimentelle Medizin.)

(Der Redaktion zugegangen am 30. Juli 1908.)

---

#### I.

Die vorliegende Arbeit erscheint als eine Fortsetzung der von uns veröffentlichten Untersuchungen über Verdauung und Resorption der Eiweißstoffe im Magen und bezweckt die Erörterung folgender Punkte:

1. Inwieweit die von uns festgestellte Tatsache, daß bei Eiereiweiß,<sup>1)</sup> — Brot<sup>2)</sup> — und Fleischfütterung<sup>3)</sup> Eiweißstoffe im Magen nicht resorbiert werden, sich auch auf andere Eiweißarten tierischer wie pflanzlicher Abstammung erweitert und als allgemeine Regel betrachtet werden kann.

2. Ob und in welchem Grade die Verdauungsintensität im Magen von der Natur der verfütterten Eiweißstoffe abhängt.

3. Aus weiter unten zu erwähnenden Gründen hatten wir die Absicht, zu prüfen, ob die Produkte der Eiweißverdauung aus den verschiedenen Darmabschnitten, analog den Verdauungsprodukten aus dem Magen, in demselben nicht resorbiert werden.

---

<sup>1)</sup> E. S. London und A. Th. Sulima, Diese Zeitschrift, Bd. XLVI, H. 3, S. 209, 1905.

<sup>2)</sup> E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. XLIX, H. 4, 5 und 6, S. 328, 1906.

<sup>3)</sup> E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, H. 3, 4 und 5, S. 403, 1907.

4. Durch Darreichung verschieden großer Nahrungsquantitäten bei mehr oder weniger gleichen übrigen Versuchsverhältnissen haben wir untersucht, ob die von einem von uns und Sandberg<sup>1)</sup> für den Magendarmtraktus gefundene Verdauungskonstante sich auch bei der isolierten Magenverdauung gelten läßt.

5. Außerdem erschien es uns wichtig, im Zusammenhang mit der Magenverdauung auch die Eiweißspaltung im oberen Duodenum (vom Pylorus bis zur zweiten Duodenalpapille) einer Untersuchung zu unterwerfen, um den Wirkungseffekt der Säfte der ersten Papille auf die Eiweißverdauung unmittelbar nach deren Absonderung abzuschätzen und 6. durch Zusammenstellung der bei den Pylorushunden aufgefundenen Zahlen, betreffend Menge resp. Stickstoffgehalt der sowohl aus dem Magen (cispylorische), wie auch aus der ersten Duodenalpapille (transpylorische), stammenden Verdauungssäfte mit den Stickstoffwerten vom Duodenalhund, den Resorptionsgrad bei diesem letzteren zu berechnen, um dieses Verfahren in der Folge auch auf die übrigen Verdauungsfisteln zu übertragen.

Als Versuchstiere dienten uns 2 Pylorushunde (Shutschka und Ussatsch) und 1 Duodenalhund (Zigan), mit der Fistel zwischen der I. und II. Duodenalpapille, ca. 6—7 cm weit vom Pylorus. Die Versuchsanordnung geschah in der üblichen, schon mehrmals beschriebenen<sup>2)</sup> Weise, indem sämtliche Versuche unter Anwendung der speziellen Vorrichtungen ausgeführt wurden. Es wurden im ganzen 22 Versuche angestellt, die entsprechend den zu verfolgenden Zwecken in 4 Kategorien eingeteilt werden können.

## II.

In der ersten Versuchskategorie, umfassend 8 Versuche am Pylorushund (Shutschka), fütterten wir denselben mit ver-

---

<sup>1)</sup> E. S. London und F. Sandberg, Diese Zeitschrift, Bd. LVI, S. 394, 1908.

<sup>2)</sup> E. S. London, Diese Zeitschrift, Bd. LI, H. 3, S. 241, 1907. — E. S. London, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, H. 3, 4 und 5, S. 246, 1907. — E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, H. 3, 4 und 5, S. 403, 1907.

schiedenen Eiweißarten sowohl tierischer, wie pflanzlicher Natur, um deren Verhalten im Magen nach zwei Richtungen zu untersuchen: 1. Ob der Effekt der Magenverdauung von der Natur des zu verdauenden Eiweißes abhängig erscheint und 2. hauptsächlich, ob die genannten Eiweißstoffe im Magen zur Resorption gelangen.

Als Versuchsnahrung dienten uns folgende Eiweißarten: Casein, Edestin, Gliadin, Serumeiweiß, Eiereiweiß und Gelatine. Sie wurden in der Menge von 25 g, mit Wasser oder wässrigem Fleischaufguß zu einem Brei gekocht, dem Hunde verfüttert und deren Ausscheidung aus dem Magen durch Injektionen von sauren Produkten der peptischen Fleischverdauung ins Duodenum derart reguliert, daß die Versuchszeit überall ungefähr gleich blieb, was selbstverständlich für den Vergleich der Verdauungsintensitäten von großer Wichtigkeit erschien.

Der auf Eis (zur Verhinderung der Weiterspaltung) aufgefangene Speisebrei wurde gewogen und dessen Gesamtacidität durch Titration mit  $n/10$ -NaOH-Lösung bestimmt; der Filtrerrückstand wurde auf seinen Stickstoffgehalt geprüft, während im Filtrat sowohl Gesamtstickstoff, wie auch derjenige der Albumosen (Zinksulfatniederschlag), Peptone (aus der Differenz zwischen dem Stickstoffgehalt des Phosphorwolframsäureniederschlages und des Zinksulfatniederschlages berechnet) und der phosphorwolframsäurelöslichen Abbauprodukte, der sog. Restkörper bestimmt.

In der Tabelle I A sind folgende Resultate unserer Versuche zusammengestellt:

Die eingeführten Stickstoffmengen (Kolumne IV) betrug annähernd gleiche Werte von 2,691—3,685 g, das Gewicht des Speisebreies (Kol. V) varrierte zwischen 250 g (Gliadin) und 588 g (Gelatine), dementsprechend betrug der durch die beigemengten cispylorischen Säfte bedingte Gewichtszuwachs 145—295 g (Kol. XVI); die Aciditätsgrade waren gleich 271 bis 394 ccm  $n/10$ -HCl (Kol. VI), mit anderen Worten erwiesen die cispylorischen Säfte einen Säuregehalt von 0,34—0,75% (Kol. XVIII), im Mittel also 0,53%. Der ausgeschiedene Gesamtstickstoff des Speisebreies (Kol. XIII) erschien in sämtlichen

Tabellen

I. Ver- suchs- num- mer	II. Ver- suchs- dauer in Stund. und Minut.	III. Eingeführte Nahrung	IV. Stick- stoff- gehalt der- selben in g	V. Ge- wicht in g	VI. Aci- dität in ccm n/10- HCl	VII. VIII. IX. X. Ausgeschiedener Spe- sialfiltrat				XI. P P
						Gesamt- stickstoff in g   in %		Stickstoff Albu- mosen   Pep- tonen in %   in %		
I.	4 —	25 g Casein + 80 ccm Fleischextrakt	2,691	330	394	2,268	84,3	64,7	32,9	2
II.	4 20	25 g Casein + 80 ccm Wasser	2,966	296	280	2,380	80,2	53,5	20,5	26
III.	4 —	25 g Edestin + 80 ccm Fleischextrakt	3,392	285	271	2,991	88,2	60,3	32,7	7
IV.	4 30	25 g Gliadin + 80 ccm Fleischextrakt	3,385	250	297	2,654	78,4	—	—	—
V.	3 30	25 g Gliadin + 80 ccm Fleischextrakt	3,414	355	345	2,943	86,2	67,7	28,5	3
VI.	4 15	180 g Eiereiweiß (= 24,64 g Trocken- substanz)	3,383	464	268	1,820	53,8	72,5	26,7	0
VII.	3 45	25 g Serumeiweiß + 80 g Wasser	3,418	406	340	1,882	55,1	46,1	41,7	12
VIII.	3 30	25 g Gelatine (= 293 g Gelee)	3,685	588	385	3,612	98,8	50,6	47,5	1
Im Mittel . . . . .			3,292	372	323	2,569	78,3	59,3	32,9	7
IX.	3 50	25 g Gliadin + 80 ccm Wasser	3,346	421	436	2,870	85,8	80,8	12,3	6
X.	4 55	50 g Gliadin + 180 ccm Wasser	6,713	571	475	5,701	84,9	86,1	9,4	4
XI.	4 05	75 g Gliadin + 200 ccm Wasser	10,070	668	512	8,506	84,5	86,5	9,0	4
XII.	4 20	100 g Gliadin + 300 ccm Wasser	13,426	1019	776	10,590	78,9	84,9	9,9	5
XIII.	2 15	150 ccm Produkte der Caseinverdauung vom Duodenalhund	0,970	353	290	—	—	—	—	—
XIV.	3 —	225 ccm Produkte der Gliadinverdauung vom Ileumhund	1,401	348	262	—	—	—	—	—
XV.	2 15	225 ccm Produkte der Fleischverdauung vom Ileocoecalhund	0,958	398	246	—	—	—	—	—

Pylorushunde.  
Shutschka.

XII. brei	XIII. Gesamt- menge des ausgeschie- denen Stickstoffs in g	XIV. XV. Differenz zwischen dem gegebenen und wieder- gefundenen Stickstoff in g   in %		XVI. Menge der cis- pylorischen Säfte in g	XVII. Stick- stoff- gehalt der- selben in %	XVIII. Aci- dität der- selben in % HCl	XIX. Menge der Duodenal- säfte aus der I. Papille in ccm	XX. Stick- stoff- gehalt der- selben in %	
		Stickstoff des Filter- rück- standes in g	Stickstoff Albu- mosen in %						
0,765	3,033	0,342	12,7	225	0,15	0,64	115	0,123	
1,019	3,399	0,433	14,6	171	0,25	0,60	204	0,123	
0,693	3,684	0,292	8,6	180	0,16	0,55	146	0,214	
1,105	3,759	0,374	11,1	145	0,26	0,75	147	0,206	
0,730	3,673	0,259	7,6	250	0,14	0,50	150	0,206	
1,997	3,817	0,434	12,6	284	0,15	0,34	110	0,260	
1,739	3,621	0,203	5,9	301	0,07	0,41	90	0,260	
0,409	4,021	0,336	9,1	295	0,11	0,48	146	0,203	
1,057	3,626	0,334	10,3	231	0,16	0,53	139	0,199	
Ussatsch.									
0,703	3,573	0,227	6,2	316	0,07	0,50	—	—	
1,322	7,023	0,308	4,6	321	0,09	0,57	—	—	
1,951	10,457	0,387	3,9	393	0,10	0,48	—	—	
3,199	13,789	0,364	2,7	634	0,06	0,45	—	—	
Ussatsch.									
—	1,095	0,125	12,8	203	0,06	0,53	—	—	
—	1,555	0,154	11,0	123	0,12	0,78	—	—	
—	1,091	0,133	13,9	173	0,08	0,52	—	—	

I. Ver- suchs- num- mer	II. Ver- suchs- dauer in Stund. und Minut.	III. Eingeführte Nahrung	IV. Stick- stoff- gehalt der- selben in g	V. Ge- wicht in g	VI. Aci- dität in ccm $\frac{n}{10}$ - HCl	Ausgeschiedener S			
						Gesamt- stickstoff		Sticksto Filtrat	
						in g	in %	Albu- mosen in %	Pep- tonen in %
I.	4 —	25 g Casein + 80 ccm Fleischextrakt	2,691	330	394	2,268	84,3	64,7	32,9
II.	4 20	25 g Casein + 80 ccm Wasser	2,966	296	280	2,380	80,2	53,5	20,5
III.	4 —	25 g Edestin + 80 ccm Fleischextrakt	3,392	285	271	2,991	88,2	60,3	32,7
IV.	4 30	25 g Gliadin + 80 ccm Fleischextrakt	3,385	250	297	2,654	78,4	—	—
V.	3 30	25 g Gliadin + 80 ccm Fleischextrakt	3,414	355	345	2,943	86,2	67,7	28,5
VI.	4 15	180 g Eiereiweiß (= 24,64 g Trocken- substanz)	3,383	464	268	1,820	53,8	72,5	26,7
VII.	3 45	25 g Serumeiweiß + 80 g Wasser	3,418	406	340	1,882	55,1	46,1	41,7
VIII.	3 30	25 g Gelatine (= 293 g Gelee)	3,685	588	385	3,612	98,8	50,6	47,5
Im Mittel . . . . .			3,292	372	323	2,569	78,3	59,3	32,9
IX.	3 50	25 g Gliadin + 80 ccm Wasser	3,346	421	436	2,870	85,8	80,8	12,3
X.	4 55	50 g Gliadin + 180 ccm Wasser	6,713	571	475	5,701	84,9	86,1	9,4
XI.	4 05	75 g Gliadin + 200 ccm Wasser	10,070	668	512	8,506	84,5	86,5	9,0
XII.	4 20	100 g Gliadin + 300 ccm Wasser	13,426	1019	776	10,590	78,9	84,9	9,9
XIII.	2 15	150 ccm Produkte der Caseinverdauung vom Duodenalhund	0,970	353	290	—	—	—	—
XIV.	3 —	225 ccm Produkte der Gliadinverdauung vom Ileumhund	1,401	348	262	—	—	—	—
XV.	2 15	225 ccm Produkte der Fleischverdauung vom Ileocoecalhund	0,958	398	246	—	—	—	—

Florushunde.  
Mutschka.

XII. Stickstoff s Filter- rück- standes in g	XIII. Gesamt- menge des ausgeschie- denen Stickstoffs in g	XIV. Differenz zwischen dem gegebenen und wieder- gefundenen Stickstoff in g	XV. in %	XVI. Menge der cis- pylorischen Säfte in g	XVII. Stick- stoff- gehalt der- selben in %	XVIII. Aci- dität der- selben in % HCl	XIX. Menge der Duodenal- säfte aus der I. Papille in ccm	XX. Stick- stoff- gehalt der- selben in %
0,765	3,033	0,342	12,7	225	0,15	0,64	115	0,123
1,019	3,399	0,433	14,6	171	0,25	0,60	204	0,123
0,693	3,684	0,292	8,6	180	0,16	0,55	146	0,214
1,105	3,759	0,374	11,1	145	0,26	0,75	147	0,206
0,730	3,673	0,259	7,6	250	0,14	0,50	150	0,206
1,997	3,817	0,434	12,6	284	0,15	0,34	110	0,260
1,739	3,621	0,203	5,9	301	0,07	0,41	90	0,260
0,409	4,021	0,336	9,1	295	0,11	0,48	146	0,203
1,057	3,626	0,334	10,3	231	0,16	0,53	139	0,199
satsch. 0,703	3,573	0,227	6,2	316	0,07	0,50	—	—
1,322	7,023	0,308	4,6	321	0,09	0,57	—	—
1,951	10,457	0,387	3,9	393	0,10	0,48	—	—
3,199	13,789	0,364	2,7	634	0,06	0,45	—	—
satsch. —	1,095	0,125	12,8	203	0,06	0,53	—	—
—	1,555	0,154	11,0	123	0,12	0,78	—	—
—	1,091	0,133	13,9	173	0,08	0,52	—	—

Versuchen um einen beträchtlichen Wert von 0,203—0,434 g größer, als die eingeführte Stickstoffmenge. Wir halten uns für berechtigt, daraus den Schluß zu ziehen, daß keine von den angewandten Eiweißarten im Magen zur Resorption gekommen ist, in Übereinstimmung mit den von uns für Brot, Eiereiweiß und Fleisch konstatierten Tatsachen.

Daß der erwähnte Stickstoffüberschuß in toto auf Rechnung der cispylorischen Säfte getragen werden muß, ersehen wir daraus, daß bei stickstofffreier Nahrung<sup>1)</sup> der Speisebrei ganz analoge Stickstoffwerte zeigt, wie wir es hier beobachteten, und die dort nur von den beigemengten Körpersäften stammen können.

Sie können auch nicht durch eventuelle im Magen restierenden Substanzen von den früheren Fütterungen bedingt werden, denn, wie wir uns durch mehrmalige Magenspülungen vor dem Versuche überzeugen konnten, der Magen nie mehr als 0,015 g Stickstoff vor der Fütterung zu enthalten pflegte. Wir sind zurzeit gezwungen, zur Entscheidung der Frage über die Resorptionsfähigkeit der Magenschleimhaut für Eiweißstoffe diesen geraden Weg zu verfolgen, indem der Weg der quantitativen Bestimmung des dargereichten Eiweißes im Speisebrei infolge unzureichender chemischer Methodik uns noch verschlossen bleibt. Zwar erscheint es auch jetzt möglich, einige wenige Eiweißarten nach einem bestimmten Bestandteile quantitativ darzustellen, z. B. das Gliadin nach seinem Glutaminsäuregehalt, das Edestin oder Gelatine nach dem Arginingehalt usw.; wir sind nun gerade damit beschäftigt, durch Bestimmung des Glutaminsäuregehaltes die Frage über die Resorption des Gliadins im Magen von diesem Gesichtspunkt aus zu erforschen. Die Resultate dieser Untersuchungen erscheinen in einer der nächsten Mitteilungen. Wir wenden uns nun zu den Versuchsergebnissen der ersten Kategorie.

Die Verdauungsintensität, die durch den Prozentsatz des verdauten Eiweißes abgeschätzt wird, erwies sich für die meisten

---

<sup>1)</sup> E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. LVI, S. 512, 1908.

Eiweißarten als annähernd gleich groß, namentlich, für Casein = 84,3 und 80%, für Edestin = 88,2%, für Gliadin = 78,4 und 86,2%. Gelatine nimmt eine Sonderstellung ein = 98,8%; nur Eiereiweiß und Serumeiweiß erzeugten eine gewisse Resistenz gegenüber der Magenverdauung, indem von denselben nur 53,8 und 55,1% in löslichen Zustand übergeführt wurden. Ob die Besonderheiten der chemischen Struktur der genannten Eiweißarten die Schwerverdaulichkeit derselben bedingen, bleibt beim jetzigen Stand der Kenntnisse über die Struktur der Eiweißkörper unaufgeklärt.

Die einzelnen Abbauprodukte — Albumosen, Peptone und Restkörper — zeigten ebenfalls analoges Verhalten bei sämtlichen Eiweißarten, indem erstere überall die Oberhand gewinnen (46,1—72,5%) und im Mittel 59,3% des verdauten Stickstoffs ausmachten; dann folgten die Peptone in der mittleren Menge von 32,9%, während die phosphorwolframsäurelöslichen Produkte einen geringen mittleren Wert von 7,7% hatten.

Von unseren früheren Untersuchungen über Eiweißverdauung im Magen wollen wir nur diejenigen mit Fleischfütterung zum Vergleich ziehen, da dieselben mit der gleichen Methodik ausgeführt worden sind, wie die oben besprochenen Versuche, während diejenigen mit Brot- und Eiereiweißfütterung dazu nicht geeignet erscheinen, indem der Effekt der Magenverdauung durch Beimengung der Duodenalsäfte teilweise verwischt wurde.

Von 3,231 und 3,056 g mit dem Fleisch verfütterten Stickstoffs erschienen 93 und 88% im Filtrat, so daß die mittlere Verdauungsintensität von 90,5% annähernd gleiche Größe wie bei den übrigen Eiweißarten zeigte. Es muß darauf hingewiesen werden, daß die im Fleisch enthaltenen Extraktivstoffe nicht unterzogen wurden.

Wir können nun auf Grund dieser Versuchsergebnisse behaupten, daß die meisten von uns verwendeten Eiweißarten sich der Magenverdauung gegenüber gleich verhalten; nur Serumeiweiß und Eiereiweiß machen eine Ausnahme, indem dieselben in gewissem Maße als «schwer verdaulich» erscheinen. Gelatine dagegen kann im Magen quantitativ verdaut werden.

## III.

Die zweite Versuchsreihe (Tabelle I B) hatte zum Zweck, nachzuprüfen, ob die von einem von uns und F. J. Sandberg für das Gliadin und von einem von uns für das Eieralbumin konstatierte Konstanz in dem Verhältnis zwischen der verfütterten Eiweißmenge und dem Prozentsatz des verdauten Eiweißes auch bei der isolierten Magenverdauung, wie bei der Magendarmverdauung sich bestätigt. Dieselbe wurde durch folgende Formel ausgedrückt:  $\frac{(q - Fr) 100}{q} = K \dots$ , wo  $q$  die Menge des verfütterten Eiweißes,  $Fr$  den unverdauten Teil und  $K$  eine Konstante bezeichnet, das heißt: «im gegebenen Teil des Verdauungstraktus wird ein beständiger Prozentsatz des verfütterten Eiweißes (Gliadin resp. Eieralbumin) verdaut, ungeachtet der zugeführten Menge desselben».

Wir benutzten als Versuchsnahrung ebenfalls das Gliadin und verfütterten von demselben unserem Pylorushund (Ussatsch) in 4 Versuchen 25 g, 50 g, 75 g und 100 g davon. Die Versuchszeiten betragen 3 Stunden 50 Minuten bis 4 Stunden 55 Minuten, waren also überall maximal; die eingeführten Stickstoffmengen waren gleich 3,346 g (Vers. IX), 6,713 g (Vers. X), 10,070 g (Vers. XI) und 13,426 g (Vers. XII). Der aufgefangene Speisebrei zeigte einen Gewichtszuwachs von 316 g (Vers. IX), 321 g (Vers. X), 393 g (Vers. XI) und 634 g (Vers. XII), was mit einer Vermehrung des Stickstoffs von 0,227 g, 0,308 g, 0,387 g und 0,364 g Hand in Hand ging. Eine Eiweißresorption hat also auch hier nicht stattgefunden.

Betrachten wir nur die Kolumne VIII der Tabelle I B, so überzeugen wir uns, daß der Prozentsatz des verdauten Stickstoffs in allen Versuchen gleich bleibt: im Versuch IX — 85,8%, im Versuch X — 84,9%, im Versuch XI — 84,5% und im Versuch XII 78,9%, indem mit der Vergrößerung der verfütterten Gliadinmenge die Verdauungsintensität des Magens in gleicher Proportion eine Steigerung erfährt, was aus den absoluten Zahlen des verdauten Eiweißes (Kolumne VII) zu sehen ist. Auch das Verhalten einzelner Spaltungsprodukte gegeneinander zeigt bei ein und demselben Hunde überraschende

Gesetzmäßigkeit: die mittleren Werte für Albumosen, Peptone und Restkörper verhalten sich wie 84,6 : 10,2 : 5,2.

Diese Angaben bieten auch in einer anderen Hinsicht gewisses Interesse dar, indem sie den Eindruck machen, als ob es für den Magen ein bestimmtes Verdauungsmaximum gäbe, welches auch bei Ausdehnung der Verdauungszeit über die normale Grenze (wie es besonders in den Versuchen IX und X der Fall war) von demselben nicht überschritten wird. Dieser Gedanke findet auch in den meisten oben besprochenen Versuchen der I. Kategorie seine Unterstützung, in denen die Versuchsdauer übernormal war und wo der Effekt der Magenverdauung doch nicht auf 100% gestiegen war (außer leicht löslicher Gelatine). Die Verdauungsaufgabe des Magens dehnt sich augenscheinlich nicht so weit aus, die gesamte dargereichte Nahrung in flüssigen Zustand überzuführen, sondern es wird immer ein gewisser Teil derselben in anscheinend unverändertem Zustand in den Darm befördert, wo er durch die Wirkung der transpylorischen Säfte weiter abgebaut wird. Das stimmt auch mit unseren zahlreichen Beobachtungen an den übrigen Verdauungshunden vollkommen überein, bei denen neben den flüssigen Abbauprodukten auch immer noch unverdaute Nahrungsreste im Speisebrei enthalten sind.

Indem wir beabsichtigen, die aufgeworfene Frage einer weiteren detaillierten Prüfung zu unterwerfen, können wir auf Grund dieser Angaben doch schon den Schluß ziehen, daß die Formel  $\frac{(q - Fr) 100}{q} = K \dots$  auch auf die Magenverdauung bei Gliadinfütterung übertragen werden kann, indem im Magen ein beständiger Prozentsatz des verfütterten Gliadins, ungeachtet der zugeführten Menge desselben (in den gegebenen Grenzen) verdaut wird.

#### IV.

Derselbe Pylorushund (Ussatsch) diente uns auch zur Ausführung der dritten Versuchsreihe, die dazu bestimmt war, die Resorptionsfähigkeit der Magenschleimhaut gegenüber den Eiweißverdauungsprodukten aus verschiedenen Darmabschnitten

zu untersuchen, wie wir es seinerzeit für die Produkte der Magenverdauung getan hatten.<sup>1)</sup>

Wir unternahmen diese Untersuchung aus folgenden Gründen: Nachdem wir uns seinerzeit überzeugt hatten, daß Eiweißstoffe der Nahrung im Magen nicht zur Resorption gelangen, lag es auf der Hand, nach den Ursachen dieser Erscheinung zu forschen. Es lagen nur zwei Möglichkeiten nah: entweder konnte man annehmen, daß die Magenschleimhaut infolge der anatomischen resp. physiologischen Besonderheiten für die Resorption der genannten Stoffe überhaupt unfähig erscheint, oder aber konnte der Grund darin liegen, daß die sonst resorptionsfähige Magenschleimhaut die mit der Nahrung dargereichten Eiweißstoffe nicht zu resorbieren vermag, weil dieselben durch die Magenverdauung in eine für die Resorption nicht direkt geeignete Form übergeführt werden. Zur Erläuterung dieser letzteren Frage stellten wir eine Reihe von Versuchen mit dem Resorptionshund an,<sup>2)</sup> dem lösliche Produkte der Magenverdauung eingeführt wurden; dieselben wurden in der Quantität von ca. 55 % resorbiert. Sie erscheinen also für die Resorption vom Darm aus direkt geeignet. Als wir aber dieselben Magenverdauungsprodukte dem Pylorushund darreichten, wurden sie mit einem beträchtlichen Stickstoffüberschuß zurückgewonnen, so daß von einer Resorption keine Rede sein konnte. Nun konnte die Ursache dieses Gegensatzes im Verhalten des Darms und des Magens gegenüber ein und denselben Verdauungsprodukten darin liegen, daß letzterer dieselben deshalb nicht zu resorbieren vermag, weil sie zu große Komplexe darstellen, welche von der Magenschleimhaut nicht aufgenommen werden können. Um diesen Punkt aufzuklären, stellten wir nun die jetzt zu besprechende Versuchsreihe mit dem Pylorushund an, dem wir diesmal Produkte der Eiweißverdauung aus verschiedenen Darmabschnitten (bis zum Coecum) darreichten. Diese enthalten bekanntlich tiefer abgebaute Komplexe samt Amino-

---

<sup>1)</sup> E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, H. 3, 4 und 5, S. 403, 1907.

<sup>2)</sup> E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, H. 6, S. 431, 1907.

säuren; wenn also auch diese im Magen nicht resorbiert wären, so würde die Ursache nur in der Resorptionsunfähigkeit der Magenschleimhaut liegen.

In drei Versuchen bekam der Hund einmal 150 ccm Produkte der Caseinverdauung vom Duodenalhund mit dem Stickstoffgehalt = 0,970 g; das zweitemal wurden ihm 225 ccm Produkte der Gliadinverdauung vom Ileumhund mit dem Stickstoffgehalt = 1,401 g dargereicht und das drittemal 225 ccm Produkte der Fleischverdauung vom Ileocoecalhund, enthaltend 0,958 g Stickstoff. Die Versuchsdauer war überall maximal (2 Stunden 15 Minuten bis 3 Stunden). In sämtlichen Versuchen erwies die ausgeschiedene Flüssigkeit eine beträchtliche Vermehrung des Stickstoffgehaltes und zwar im Versuch XIII 0,125 g, im Versuch XIV 0,154 g und im Versuch XV 0,133 g.

Indem diese Zahlen direkt beweisen, daß auch die tieferen Eiweißabbauprodukte im Magen nicht resorbiert werden, halten wir uns für berechtigt, die Ursache dieser Erscheinung darin zu verlegen, daß die Magenschleimhaut auf Grund irgend welcher, bis jetzt noch unaufgeklärter Eigentümlichkeiten ihrer Struktur für die genannten Stoffe unter normalen Verhältnissen als resorptionsunfähig betrachtet werden muß.

## V.

In der II. Tabelle sind die Resultate der 4. Versuchsreihe dargelegt. Dieselben wurden an einem Duodenalhund (Zigan) ausgeführt, der eine Fistel in der Mitte zwischen der ersten und zweiten Duodenalpapille, also ca. 5 cm weit vom Pylorus, besitzt, so daß bei ihm durch die proximale Öffnung der geteilten Fistel der Speisebrei samt den aus der I. Duodenalpapille abfließenden Verdauungssäften (Galle und Pankreassaft) entleert wird, während die distale Hälfte dem Abfluß des aus der II. Duodenalpapille stammenden Pankreassaftes dient.

Derselbe bekam gleiche Mengen, in gleicher Zubereitung und bei gleicher Versuchsdauer folgende, in der ersten Versuchskategorie dem Pylorushund verfütterten Eiweißarten: je

# Tabelle II.

## Duodenalhund (Zigan).

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	XVII.	XVIII.	XIX.	XX.	XXI.	XXII.
Ver- suchs- dauer	Ver- suchs- dauer in Stun- den	Fin- geführte Nahrung	Stick- stoff- gehalt der- selben	Ge- wicht	Ausgeschiedener Speisebrei		Filterat	Stickstoff in	Rest- körper- n	Stick- stoff- gehalt des Filter- rück- stan- des	Ge- sam- stick- stoff des Speise- breies	Differenz zwischen dem ge- gebenen und wiederge- fundenen Stickstoff	Stickstoffgehalt der	cis- trans- und trans-	cis- und trans- Säfte beim Pylorushund	Stick- stoff des Speise- breies nach Sub- trak- tion der Ver- dau- ungs- säfte	Resor- bierter Stick- stoff	Resor- bierter Stick- stoff	Pankreas- saft aus der zweiten Duodenal- papille	Stick- stoff- gehalt	
num- mer	und Mi- nuten		in g	in g	in g	in %	in %	in %	in %	in g	in g	in g	in g	in g	in g	in g	in g	in g	in %	in ccm	in %
I.	4 15	25 g Casein	2,959	367	2,260	76,4	54,5	26,8	18,7	0,925	3,185	0,226	7,6	0,342	0,142	0,484	2,701	0,258	8,7	125	0,206
II.	4 20	25 » Edestin	3,902	—	—	—	—	—	—	—	4,253	0,351	9,0	0,292	0,312	0,604	3,649	0,253	6,5	120	0,211
III.	4 —	25 » »	3,516	493	3,217	91,5	51,3	35,5	13,2	0,730	3,947	0,431	12,3	0,292	0,312	0,604	3,343	0,173	4,9	80	0,220
IV.	4 30	25 » Gelatine	3,572	455	3,793	106,2	19,0	74,0	7,0	0,197	3,990	0,418	11,7	0,336	0,296	0,632	3,358	0,214	6,0	113	0,171
V.	4 30	25 » Gliadin	3,385	339	2,813	80,4	52,0	32,2	15,8	1,082	3,895	0,510	15,1	0,374	0,303	0,677	3,218	0,167	4,9	121	0,202
VI.	4 10	25 g Serum- eiweiß	3,418	412	1,242	36,3	27,4	26,4	46,2	2,432	3,674	0,256	7,5	0,203	0,234	0,437	3,237	0,181	5,3	130	0,147
VII.	6 —	135 g Eier- eiweiß (23 g Tr.)	3,134	558	2,251	71,8	35,8	20,3	43,9	1,627	3,878	0,744	23,7	0,434	0,286	0,720	3,158	0	0	120	0,196
Im Mittel . . . . .			3,412	437	2,596	77,1	40,0	35,9	24,1	1,166	3,833	0,419	12,4	0,325	0,269	0,594	3,238	0,208	6,1	115	0,193

25 g Casein, Edestin, Gliadin, Gelatine, Serumeiweiß und 135 g hart gekochtes Eiereiweiß (mit 23 g Trockensubstanz).

Wie oben angedeutet, lagen uns dabei zwei Ziele vor: 1. Aus der Zusammenstellung der vom Pylorushund und Duodenalhund erhaltenen Analysenresultaten den Wirkungseffekt der duodenalen Verdauungssäfte unmittelbar nach deren Absonderung aus der ersten Duodenalpapille auf die Eiweißverdauung abzuschätzen und 2. mit Hilfe der für den Pylorushund bestimmten Stickstoffwerte für cis- resp. transpylorische Säfte die Resorptionsgrade für verschiedene Eiweißarten im Anfang des Duodenum auszurechnen. Letztere Aufgabe erschien uns besonders wichtig und zwar aus folgendem Grund: die oben dargelegten Resultate unserer Untersuchungen über die Eiweißresorption im Magen führten uns zur Überzeugung, daß die Magenschleimhaut den Eiweißspaltungsprodukten gegenüber vollkommen resorptionsunfähig erscheint; demgegenüber konnten wir am Ende des Duodenum immer einen beträchtlichen Resorptionsgrad konstatieren. Es drängte sich die Frage auf, ob es möglich sei, die Grenze zwischen der resorptionsfähigen und resorptionsunfähigen Schleimhaut aufzufinden. Da eine rein anatomische resp. histologische Grenze mit Sicherheit bis jetzt nicht aufgestellt werden kann, haben wir versucht, dieselbe vom physiologischen Standpunkt annähernd zu bestimmen, indem wir einen Verdauungshund benutzten, bei dem die Fistel in einer möglichst kurzen Entfernung vom Pylorus angelegt ist, auf welcher der Resorptionseffekt der Duodenalschleimhaut noch gerade zur Geltung kommen könnte. Wir wählten nun eine mehr oder weniger physiologische Fistellage in der Mitte zwischen der ersten und zweiten Duodenalpapille in der Entfernung von ca. 5—6 cm von dem resorptionsunfähigen Magen.

Beim Vergleich der II. Tabelle mit der Tabelle I A überzeugen wir uns, daß der Gesamteffekt der Verdauung gegenüber dem Pylorushund keine erheblichen Veränderungen erlitten hat, indem der Prozentsatz des verdauten Stickstoffs annähernd gleiche Größen beträgt wie beim letzteren: Casein 76,4% (beim Pylorushund im Mittel 82,3%), Edestin 91,5%

(gegenüber 88,2%), Gliadin 80,4% (gegenüber 82,3%), Gelatine 106,2% (gegenüber 98,8%), Serumeiweiß 36,3% (gegenüber 55,1%) und Eiereiweiß 71,8% (gegenüber 53,8%); die mittleren Werte sind bei beiden Hunden gleich — 77,1% beim Duodenalhund und 78,3% beim Pylorushund. Zu kleine Zahl für Serumeiweiß (36,3%) kann durch individuelle Verschiedenheiten erklärt werden, die beim Hunde bekanntlich ziemlich große Rollen spielen, und der anscheinend ungemäß große Verdauungswert bei Gelatine = 106,2% wird durch Beimengung löslicher stickstoffhaltiger Säftebestandteile, zum Speisebrei bedingt. Betrachten wir aber das Verhalten der einzelnen Abbauprodukte bei beiden Hunden, so überzeugen wir uns sofort, daß beim Duodenalhund die Spaltung beträchtlich weiter gegangen ist, als beim Pylorushund, indem bei demselben die phosphorwolframsäurelöslichen Restkörper bei weitem größere Werte darstellen als beim letzteren: dem Mittelwert vom Pylorushund = 7,8% entsprechen 24,1% beim Duodenalhund, wobei die maximale Zahl sich bis auf 46,2% erhöht. Die Albumosen sind in geringerer Menge von 40,0% (gegenüber 59,3% beim Pylorushund) und die Peptone in annähernd gleich großer Quantität von 35,9% (gegenüber 32,9%) vorhanden.

Wir sehen nun, daß die aus der ersten Duodenalpapille stammenden gemischten Verdauungssäfte keinesfalls gleichmäßig auf den aus dem Magen zufließenden Chymus einzuwirken pflegen, sondern daß dieselben in erster Linie auf die löslichen Produkte der Magenverdauung eingreifen, um dieselben in einfachere, für die Resorption und Assimilation mehr geeignete Komplexe zu zerlegen, während die unverdauten festen Bestandteile des Chymus eine Zeitlang deren Wirkung erspart bleiben.

Der Stickstoffgehalt des aufgefangenen Speisebreies zeigte in sämtlichen Versuchen beträchtliche Vergrößerung gegenüber der eingeführten Menge, was durch reichliche Beimengung der Duodenalsäfte aus der ersten Papille nebst den cispylorischen Säften bedingt wurde und wodurch eventuelle Resorption vollkommen verdeckt werden konnte, nämlich: für Casein 0,226 g, für Edestin 0,351 g und 0,431 g, für Gelatine 0,418 g, für

Gliadin 0,510 g, für Serumeiweiß 0,256 g und für Eiereiweiß 0,744 g. Zur Beseitigung dieses unvermeidlichen Nachteils der Methodik benutzten wir folgendes Verfahren:

In sämtlichen Versuchen mit dem Pylorushund haben wir das aus der ersten Duodenalpapille stammende Säftegemisch aufgefangen (Tabelle IA, Kol. XIX und XX) und sowohl dessen Menge wie auch Stickstoffgehalt in Prozenten bestimmt. Daraus konnten wir für jeden einzelnen Fall beim Duodenalhund die durch die Duodenalsäfte bedingte Stickstoffvermehrung direkt berechnen, während der den cispylorischen Säften gehörende Stickstoff durch den Stickstoffzuwachs beim Pylorushund gegeben wurde. Durch Addition beider, jedem einzelnen Versuch eigenen Stickstoffzahlen erhielten wir den gesamten, dem Speisebrei beigemengten Säftestickstoff, der folgende Werte betrug: für Casein 0,484 g, für Edestin 0,604 g, für Gliadin 0,677 g, für Serumeiweiß 0,437 g, für Gelatine 0,632 g und für Eiereiweiß 0,720 g. Durch Subtraktion dieser Zahlen von den entsprechenden Größen des gesamten aufgefangenen Stickstoffs erhielten wir die wahren, von der verfütterten Nahrung stammenden Stickstoffwerte, die im Verhältnis zu den Ausgangsmengen etwas vermindert erschienen. Die Stickstoffdefizite repräsentieren den resorbierten Stickstoff, welcher für einzelne Eiweißarten folgende Größen beträgt: Casein 0,258 g = 8,7%; Edestin 0,253 g und 0,173 g, im Mittel 5,7%; Gliadin 0,167 g = 4,9%; Serumeiweiß 0,181 g = 5,3%; Gelatine 0,214 g = 6,0%; beim Eiereiweiß konnten wir keine Resorption konstatieren, indem der Stickstoffüberschuß im Speisebrei sogar etwas größer (um 0,024 g) erschien, als der für die Säfte berechnete Stickstoff. Die Prozentzahlen weichen voneinander so wenig ab, daß der Resorptionswert für sämtliche von uns verwendeten Eiweißarten durch die mittlere Zahl von 6,1% ausgedrückt werden kann.

Diese Versuchsergebnisse weisen darauf hin, daß die physiologische Grenze zwischen der resorptionsfähigen Darmschleimhaut und der resorptionsunfähigen Magenschleimhaut allem Anschein nach mit der grob anatomischen Grenze — dem Pylorusringe — zusammenfällt, indem unmittelbar hinter demselben

(distalwärts) der Resorptionsprozeß einsetzt, um auf einer kurzen Strecke von 5—6 cm einen nicht unbedeutenden Grad von 6,1% zu erreichen.

Die beschriebene direkte Methode der Säftebestimmung kann mit großer Bequemlichkeit auch bei allen übrigen Verdauungshunden angewandt werden, bei denen, außer dem genannten Säftegemisch aus der ersten Duodenalpapille, auch noch der Pankreassaft aus der zweiten Papille sich dem Speisebrei beimengt. Derselbe wurde in den eben erwähnten Versuchen mit dem Duodenalhund sorgfältig aufgefangen und sowohl dessen Menge wie auch Stickstoffgehalt jedesmal bestimmt. Addieren wir die gefundenen Stickstoffzahlen für sämtliche cis- resp. transpylorischen Säfte, so erhalten wir den Gesamtwert des dem Speisebrei beigemengten Körperstickstoffs, mit Ausnahme des Darmsaftes, dessen genaue Definition zurzeit unmöglich erscheint. Für den zweiten Duodenalhund, mit einer Fistel am Ende des Duodenum, brauchen wir nur den gefundenen Wert von dem Speisebreistickstoff zu subtrahieren, um den Stickstoffrest der Nahrung zu bestimmen, indem, wie wir uns aus einem speziellen Versuch an einem Resorptionshund (Janus, bei dem eine Fistel am Pylorus, die zweite am Ende des Duodenum sich befindet) überzeugen konnten, die Verdauungssäfte im Duodenum nur in Spuren zur Resorption gelangen. In den distalwärts gelegenen Darmabschnitten muß der Resorptionsprozentsatz der Säfte in Betracht gezogen werden.

Alle diese Auseinandersetzungen führen uns zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Eiweißstoffe tierischer, wie pflanzlicher Natur (Casein Eiereiweiß, Serumeiweiß, Gelatine, Gliadin, Edestin) werden im Magen nicht resorbiert.

2. Die Magenschleimhaut erscheint gegenüber den vom Darm aus resorbierbaren Eiweißabbauprodukten aus verschiedenen Abschnitten des Verdauungstraktus resorptionsunfähig.

3. Die meisten Eiweißarten erfahren bei der Magenverdauung annähernd gleiche Spaltung, indem

im Mittel 78,3% derselben in löslichen Zustand übergeführt werden; auch die einzelnen Abbauprodukte zeigen gleichartiges Verhalten, indem die Albumosen, Peptone und Restkörper im Verhältnis von 59,3 : 32,9 : 7,8 zueinander stehen. Es gelingt aber doch, eine Gruppe der schwerverdaulichen Eiweißarten auf die Seite zu stellen, zu welcher in erster Linie Eiereiweiß und Serumeiweiß gerechnet werden müssen.

4. Im Magen wird ein beständiger Prozentsatz des verfütterten Gliadins verdaut, ungeachtet der zugeführten Menge desselben, so daß die für den Darm aufgeworfene Verdauungsformel:  $\frac{(q-Fr) 100}{q} = K \dots$  auch auf die isolierte Magenverdauung übertragen werden kann.

5. Der Magenverdauung scheint ein gewisses Maximum eigen zu sein, welches, einmal erreicht, sich ungeachtet der Nahrungsmenge in den gegebenen Grenzen resp. der Versuchsdauer erhält.

6. Der Magen vermag nur einen bestimmten Prozentsatz der dargereichten Nahrung zu verdauen, während ein gewisser Teil derselben unverändert nach dem Darm befördert wird.

7. Die duodenalen Verdauungssäfte der ersten Papille greifen in erster Linie auf die löslichen Produkte der Magenverdauung ein, indem sie dieselben in einfachere Abbauprodukte zerlegen, während die festen Bestandteile des Chymus eine Zeitlang unberührt bleiben.

8. Die physiologische Grenze zwischen der resorptionsunfähigen Magenschleimhaut und der resorptionsfähigen Darmschleimhaut scheint mit der anatomischen Grenze zwischen Magen und Darm (Pylorusring) zusammenzufallen.

9. Im oberen Duodenum werden auf der Strecke von ca. 6—7 ccm verschiedene Eiweißarten in der Quantität von ca. 6% resorbiert.

10. Durch die Polyfistelmethode wird ein Mittel gegeben, sowohl die Quantität, wie auch den Stickstoffgehalt der sich dem Speisebrei beimengenden Verdauungssäfte direkt zu bestimmen, wodurch die genauere Abschätzung der Resorptionswerte für Stickstoffsubstanzen im Darm ermöglicht wird.

