(Aus dem physiologischen Institut der tierärztlichen Hochschule zu Dresden.)

Studien zur vergleichenden Verdauungsphysiologie.

II. Mitteilung.

Die Magenverdauung von *Cricetus frumentarius* bei Fleisch- nahrung.

Von

Arthur Scheunert.

(Mit 2 Textfiguren.)

In Band 121 dieses Archives¹⁾ habe ich ausführliche Versuche über die Verdauung des Hamsters bei vegetabilischer Nahrung veröffentlicht. Da sich im Verlauf dieser Versuche herausstellte, dass der Hamster sehr gern Fleisch als Nahrung zu sich nimmt, hatte ich am Schlusse meiner Abhandlung Versuche über die Magenverdauung des Hamsters bei solcher Nahrung in Aussicht gestellt. Diese sind nunmehr abgeschlossen und sollen im folgenden kurz geschildert werden.

1. Mechanik des Hamstermagens.

Infolge der Zweiteilung des Hamstermagens in einen mit kutaner Schleimhaut ausgekleideten Vormagen und einen mit diesem nur durch eine enge Öffnung in Verbindung stehenden Drüsenmagen verläuft, wie ich schon früher zeigte, die Anfüllung des Hamstermagens mit Nahrungsmassen und die Fortbewegung dieser während der Verdauung in eigenartiger Weise. Während im Vormagen, dem Analogon der Wiederkäuervormägen, durch offenbar energische Kontraktionen eine Vermischung des Inhaltes eintritt, ist der Inhalt

1) Die Verdauung von *Cricetus frumentarius*. Pflüger's Arch. Bd. 121 S. 169. 1908.

des Drüsenmagens in der Reihenfolge geschieht, in welcher die Nahrungsmittel in ihn hineingelangen, verhält sich also in dieser Hinsicht wie ein einhöhliger Magen. Ausserdem besitzt der Hamstermagen eine von der Einmündung des Ösophagus an der kleinen Krümmung des Drüsenmagens bis weit in diesen hinein verlaufende, mit Lippen umgebene und von kutaner Schleimhaut ausgekleidete Rinne, die als ein anatomisches Homologon und auch als ein physiologisches Analogon der Schlund- bzw. Speiserinne der Wiederkäuer angesehen werden kann. Ich konnte nämlich durch verschiedene Versuche zeigen, dass bei der Nahrungsaufnahme fester, rauher Futtermittel von diesen der grösste Teil aus dem Ösophagus in den Vormagen gelangt und dort verweilt, während wasserreiche, weiche Futtermittel hauptsächlich die Schlundrinne passieren und unter völliger oder teilweiser Umgehung des Vormagens direkt in den Drüsenmagen gelangen, dass also die Speiserinne des Hamsters ganz ähnlich wie die der Wiederkäuer arbeitet. Es erschien deshalb geboten, diese Verhältnisse auch bei teilweiser oder reiner Fleischnahrung zu verfolgen.

Zunächst wurde ein Hamster (Nr. 41) 2 Tage nur mit Fleisch gefüttert, erhielt nach 18stündiger hierauf folgender Hungerpause wieder eine nicht sehr reichliche Fleischmahlzeit und wurde dann sofort getötet.

Bei Eröffnung des Magens zeigte sich, dass Fleisch sowohl in den Vormagen wie auch in den Drüsenmagen, der aber hauptsächlich Reste alten Futters sowie Kot und Haare enthielt, gelangt war.

Es wurde hierauf ein weiterer Hamster (Nr. 42) nach zweitägiger Fleischfütterung und 24stündiger Karenzzeit zunächst mit Fleisch und dann mit Hafer gefüttert und darauf sofort getötet. Der Magen wurde exenteriert, gefroren und durchsägt und bot dann im Querschnitt das in Fig. 1 gegebene Bild.

Der Hafer war fast vollständig in den Vormagen eingetreten, während in der Nähe der Ösophagusmündung und der Schlundrinne sowie im Anfangsteil des Drüsenmagens das Fleisch gelagert war. Bis auf einen kleinen am Ende der Schlundrinne gelagerten Haferanteil war der Drüsenmagen ausserdem mit alten Futterresten, Haaren usw. gefüllt.

Bei der Futterfolge Fleisch-Hafer war also entsprechend der oben erwähnten früheren Beobachtung das harte, rauhe Futtermittel zum weitaus grössten Teil in den Vormagen gelangt, ohne das

zuerst aufgenommene Fleisch aus seiner Lage in und nächst dem Drüsenmagen zu verdrängen und ohne bis auf geringe Anteile die Schlundrinne zu passieren.

Bei einem weiteren Versuch (Hamster 44) wurde nach 2 tägiger Fleischfütterung und folgender 17 stündiger Hungerpause erst Hafer und an zweiter Stelle Fleisch gereicht. Nach Beendigung der

Fig. 1. Vorm. = Vormagen; Pyl. = Pylorus; Schldr. = Schlundrinne; H. = Hafer; Fl. = Fleisch.

Fig. 2. Vorm. = Vormagen; Pyl. = Pylorus; Schldr. = Schlundrinne; H. = Hafer; Fl. = Fleisch.

Mahlzeit wurde das Tier sofort getötet und der Magen wie oben geschildert behandelt. Der Durchschnitt ergab ein Bild (Fig. 2), welches in vieler Hinsicht dem oben beschriebenen ähnelte. Das bei diesem Versuch an zweiter Stelle gereichte Fleisch fand sich im Drüsenmagen und dem benachbarten Teile des Vormagens; es war also zum grössten Teil durch die Schlundrinne gegangen und hatte den wenigen im Drüsenmagen vorhandenen Hafer nach dem Pylorus zu gegen die dort liegenden alten Inhaltmassen gedrängt. Die

Hauptmasse des Hafers lag auch hier wieder im blinden Ende des Vormagens. Deutlich war auch bei diesem Versuche die Schichtung im Drüsenmagen gegenüber einer an der Grenzfläche von Hafer und Fleisch beginnenden Durchmischung im Vormagen zu beobachten.

Beide Versuche bestätigen meine früheren Beobachtungen, nach denen weiche dünnbreiige Bissen und Futterarten in der Hauptsache durch die Schlundrinne direkt in den Drüsenmagen gelangen, während feste, härtere Futtermittel bis auf einen kleinen wahrscheinlich dünnbreiigen Teil, der regelmässig den Weg durch die Schlundrinne nimmt, zunächst in den Vormagen wandern, wo sie einer mechanischen Verarbeitung, verbunden mit Quellungs- und Mazerationsvorgängen, unterliegen. Gegenüber dem festen harten Hafer gelangt so das weiche wasserreiche Fleisch in der Hauptsache in den Drüsenmagen und in die diesem benachbarte in der Nähe von Ösophagus und Schlundrinne liegende Vormagenabteilung.

2. Chemie der Magenverdauung.

Über die Bedeutung der beiden Abteilungen des Hamstermagens für den Chemismus der Verdauung war ich früher bei vegetabilischer Nahrung zu dem Schluss gekommen, dass der Vormagen der Ort der Kohlehydratspaltung, der Drüsenmagen der der Eiweissverdauung sei. Niemals hatte ich im Vormagen Pepsinwirkung finden können, und ebensowenig hatte ich die Anwesenheit von wirksamer Speicheldiastase im Drüsenmagen beobachten können. Diese letztere Beobachtung war unerwartet, da, wie auch die vorher geschilderten Versuche über die Anfüllung des Magens beweisen, stets ein Teil der abgeschluckten Bissen durch die Schlundrinne direkt in den Drüsenmagen wandert, dort also auch Diastase, wenigstens kurz nach der Nahrungsaufnahme, vorhanden sein muss. Da bei reiner Fleischfütterung ein diastatisches Ferment nur durch den dem Bissen beigemengten Speichel in den Magen kommen kann und auch stets reichliche Mengen der Fleischnahrung direkt in den Drüsenmagen eintreten, erschien es gerade bei Fütterung von Fleisch besonders aussichtsreich, nochmals den Nachweis von diastatischem Ferment im Drüsenmageninhalte zu versuchen. Es wurden daher noch einige solche Versuche angestellt.

Versuch 1. Hamster 55 wurde 2 Tage mit Fleisch gefüttert und erhielt am 3. Tage nochmals Fleisch nach Belieben. Nach Beendigung der Mahlzeit erfolgte sofort die Tötung und Exenteration des Magens.

a) Der Vormageninhalt wog 5,8 g, wurde mit der fünffachen Menge Wasser versetzt, gut durchgeschüttelt und filtriert. Vom Filtrat wurden 5 ccm mit 10 ccm einer 1%igen Lösung löslicher Stärke (Kahlbaum) 4 Stunden in den Thermostaten bei 40° eingestellt. Hierauf war die Worm-Müller'sche Probe im Verdauungsgemisch stark positiv, und es fanden sich darin nach Bang titriert und als Dextrose berechnet 0,041 g Zucker vor.

b) Vom Drüsenmageninhalt wurden die von der Versuchsmahlzeit stammenden Teile im Gewichte von 0,15 g abgetrennt und mit der 20fachen Menge Wasser durchgeschüttelt, filtriert und mit 10 ccm 1%iger Stärkelösung versetzt; nach vierstündigem Aufenthalt der Mischung im Thermostaten gab sie eine starke positive Worm-Müller'sche Probe, sie enthielt 0,027 g Zucker (wie oben bestimmt und berechnet).

Versuch 2. Ein Kontrollversuch wurde mit einem weiteren Hamster (56) in gleicher Weise angestellt.

a) Vormageninhalt. 14,6 g mit 2,5facher Menge Wasser durchgeschüttelt, filtriert. Hiervon gaben 5 ccm + 10 ccm 1%iger Stärkelösung nach 4 Stunden in Thermostaten stark positive Worm-Müller'sche Probe. Von den 5 ccm Extrakt waren 0,043 g Zucker gebildet worden.

b) Vom Drüsenmageninhalt stammten 0,07 g von der Versuchsmahlzeit. Sie wurden abgetrennt, mit der 20fachen Menge Wasser durchgeschüttelt und filtriert und das Filtrat mit 10 ccm 1%iger Stärkelösung 4 Stunden im Thermostaten gehalten. Die Worm-Müller'sche Probe war schwach positiv. Nach Bang titriert waren 0,0052 g Zucker gebildet worden.

Diese Versuche zeigen also, dass es in der Tat gelingt, sofort nach der Nahrungsaufnahme nicht nur im Vormageninhalt, sondern auch in dem von der soeben aufgenommenen Nahrung stammenden Teil des Drüsenmageninhalts ein diastatisches Ferment nachzuweisen. Dieses muss aus dem Speichel des Hamsters stammen, da bei Fleischnahrung andere Fermente, wie die in pflanzlichen Nahrungsmitteln enthaltenen Fermente, nicht in Frage kommen können.

Es ist demnach, wie ich schon früher betonte, nicht von der Hand zu weisen, dass kurz nach der Aufnahme pflanzlicher Nahrung nicht nur im Vormagen, sondern auch im Drüsenmagen, und zwar in den der neuen Nahrung angehörigen Inhaltsteilen Kohlehydratverdauung ablaufen kann. Allerdings wird diese nur kurze Zeit schon deshalb andauern, weil die die fraglichen Inhaltsteile umhüllende Fundusdrüsen-schleimhaut salzsauren Magensaft absondert, und die Salzsäure die Amylolyse hemmt (l. c. S. 182).

Die Untersuchung der Eiweissverdauung im Hamstermagen konnte sich nur auf die Feststellung des Pepsingehaltes im Inhalt

und in der Schleimhaut erstrecken. Infolge der geringen Inhaltsmenge scheiterten alle Untersuchungen, die zum Nachweis von Abbauprodukten der peptischen Proteolyse vorgenommen wurden. Zur Feststellung des Pepsingehaltes diente, wie schon bei den früheren Versuchen, die Grützner'sche Karminfibrinmethode.

Die Tiere wurden zunächst 2 Tage lang nur mit Fleisch gefüttert, mussten dann 24 Stunden hungern und bekamen hierauf je 10 g rohes Pferdefleisch. Von diesem frassen sie stets nur einen Teil; sobald sie mit Fressen aufhörten, wurde der Rest der Mahlzeit entfernt. Von diesem Zeitpunkt an gerechnet wurden die Tiere nach $\frac{1}{2}$, 1, 2, 5, 7 Stunden getötet, der Magen exenteriert und durch Ligaturen der Vormagen vom Drüsenmagen abgeschnürt. Dann wurde ebenfalls durch Ligaturen der Drüsenmagen in zwei Teile (Fundusdrüsenportion, Pylorusdrüsenportion) und auch der Vormagen in zwei nahezu gleiche Teile getrennt.

Aus den aufgeschnittenen Magenabteilungen wurde der Inhalt sorgfältig in Wägegläschen gebracht und gewogen. Die Schleimhaut von Fundus- und Pylorusdrüsenregion des Magens wurde von der Submucosa durch Abschaben getrennt und ebenfalls in Wägegläschen gewogen.

Von den abgewogenen Mengen wurden hierauf Extrakte derart bereitet, dass als Extraktionsflüssigkeit die 10fache Menge einer 0,2%igen HCl-Lösung verwendet wurde. Mit dieser wurde nach feiner Verteilung der Inhalte und Schleimhäute gut durchgeschüttelt, dann die Extrakte 24 Stunden in den Eisschrank eingestellt und oft umgeschüttelt. Hierauf wurde filtriert. Vom Filtrat gelangten je 0,1 ccm zur Untersuchung auf die Pepsinwirkung, indem sie mit 10 ccm 0,1% HCl versetzt und hierzu 1 g Karminfibrin hinzugefügt wurde. Ausserdem wurden Kontrollversuche angestellt. Die Färbung der einzelnen Gläschen wurde regelmässig nach 15, 30, 45 Min. Aufenthalt im Thermostaten ermittelt.

Die Gewichte der zur Extraktion gelangten Portionen von Inhalt und Schleimhaut der einzelnen Hamster sind im folgenden zusammengestellt:

Versuch 1. (Hamster 47.) Tötung $\frac{1}{2}$ Stunde nach Beendigung der Mahlzeit.

Inhalte: Vormagen bl. Ende 2,3 g, Vormagenrest 2,7 g, Fundusportion 0,5 g, Pylorusportion 0,3 g. Schleimhäute: Fundusdrüschleimhaut 0,5 g, Pylorusdrüschleimhaut 0,5 g.

Versuch 2. (Hamster 45.) Tötung 1 Stunde nach Beendigung der Mahlzeit.

Inhalte: Vormagen bl. Ende 2,32 g, Vormagenrest 2,7 g, Fundusportion 0,7 g, Pylorusportion 0,7 g. Schleimhäute: Fundusdrüschleimhaut 0,4 g, Pylorusdrüschleimhaut 0,28 g.

Versuch 3. (Hamster 48.) Tötung 2 Stunden nach Beendigung der Mahlzeit.

Inhalte: Vormagen bl. Ende 1,6 g, Vormagenrest 1,1 g, Fundusportion 0,9 g, Pylorusportion 0,5 g. Schleimhäute: der Fundusdr. 0,4 g, der Pylorusdr. 0,45 g.

Versuch 4. (Hamster 46.) Tötung 5 Stunden nach Beendigung der Mahlzeit.

Inhalte: Vormagen bl. Ende 0,19 g, Vormagenrest 0,28 g, Fundusportion 0,2 g, Pylorusportion 0. Schleimhäute: der Fundusdr. 0,4 g, der Pylorusdr. 0,56 g.

Versuch 5. (Hamster 50.) Kontrolle zu Versuch 4.

Inhalte: Vormagen bl. Ende 1,8 g, Vormagenrest 0,9 g, Fundusportion 0,9 g, Pylorusportion 0,4 g. Schleimhäute: der Fundusdr. 0,4 g, der Pylorusdr. 0,25 g.

Versuch 6. (Hamster 49.) Tötung 7 Stunden nach Beendigung der Mahlzeit.

Inhalte: Vormagen 0,5 g, Fundusportion 0,12 g, Pylorusportion 0,05 g. Schleimhäute: der Fundusdr. 0,4 g, der Pylorusdr. 0,2 g.

Versuch 7. (Hamster 51.) Kontrolle zu Versuch 6.

Inhalte: Vormagen bl. Ende 1,75 g, Vormagenrest 0,9 g, Fundusportion 0,2 g, Pylorusportion 0,4 g. Schleimhäute: der Fundusdr. 0,23 g, der Pylorusdr. 0,35 g.

Lediglich Schleimhautextrakte wurden hergestellt bei:

Versuch 8. (Hamster 53.) Tötung 5 Stunden nach Beendigung der Mahlzeit. Fundusdrüschleimhaut 0,37 g, Pylorusdrüschleimhaut 0,55 g.

Versuch 9. (Hamster 54.) Tötung 7 Stunden nach Beendigung der Mahlzeit. Fundusdrüschleimhaut 0,45 g, Pylorusdrüschleimhaut 0,55 g.

In der Tabelle sind zunächst die Resultate der Pepsinbestimmung in den einzelnen Portionen des Mageninhaltes geordnet. Es wurden dabei stets Kontrollen entweder durch Wiederholung des Versuches mit 0,2 ccm oder mit 0,1 ccm Extrakt angestellt. Auch die Resultate dieser Kontrollversuche sind in der Tabelle I enthalten.

Tabelle I.

Inhalts- extrakte von	1/2 Std.		1 Std.		2 Std.		5 Std.		5 Std.		7 Std.		7 Std.		Blind- ver- such
	0,1	Kontr.	0,1	0,2	0,1	Kontr.	0,1	0,2	0,1	Kontr.	0,1	Kontr.	0,1	Kontr.	
Vormagen bl. E.	Keine Verdauung eingetreten														
Vormagen- rest															
Fundus- portion	1 ¹⁾	1	1	3	1	1	2	3	1	1	1	1-2	1	1	Keine Verdauung ein- getreten
	3	3	2	5	3	2	5	6	3-4	4	2	2	3	4	
	4	4	4	7-8	4	4	6	8	4-5	5	2-3	3-4	4-5	5	
Pylorus- portion	1	1	2	3	1	1	Wegen zu geringer Menge nicht aus- geführt		1	1	1	1-2	1	1	
	3	3	4	6	3	2			4	4	2	2	3	4	
	5-6	4-5	5	7-8	4	4			4-5	5	2-3	4	4-5	5	

Das wichtigste Ergebnis der Versuche ist, dass im Vormagen auch bei Fleischfütterung Pepsin nicht nachgewiesen

1) Die untereinanderstehenden Zahlen geben die nach 15, 30, 45 Min. beobachteten Nummern der Vergleichsgläschen der Farbskala an.

werden kann, während im Drüsenmagen stets auch schon eine halbe Stunde nach der Nahrungsaufnahme deutliche Pepsinwirkung vorhanden ist. Es stimmt dieser Befund bei Fleischnahrung also völlig mit meinen früheren Beobachtungen bei Fütterung mit Hafer überein. Ein Übertritt von Magensaft in den Vormagen findet nicht statt; die dort ablaufenden Verdauungsvorgänge beschränken sich, soweit kohlehydrathaltige Nahrung in Frage kommt, nur auf die des Kohlehydratabbaues durch Speicheldiastase, abgesehen natürlich von eventuell bakteriellen und Nahrungsmittelfermentwirkungen.

Weiter zeigt die Tabelle, dass ein Unterschied zwischen dem Pepsingehalt im Inhalt der von Fundusdrüsen Schleimhaut ausgekleideten Magenabteilung und dem im Antrum pylori befindlichen nicht besteht. Bei den früheren Versuchen war dies der Fall gewesen, indem der Inhalt des Antrum pylori stets etwas kräftigere Pepsinwirkung als der Inhalt des übrigen Magens gezeigt hatte.

Über den Pepsingehalt der Schleimhaut des Drüsenmagens gibt folgende Tabelle (II) einen Überblick:

Tabelle II.

Extrakt der	½ Std.		1 Std.		2 Std.		5 Std.		5 Std.	
	0,1	Kontr.	0,1	0,3	0,1	Kontr.	0,1	0,3	0,1	Kontr.
Fundusdrüsen- schleimhaut	3—4 8 M ¹⁾	5 8 M	4 7 M	7 M	5 10 M	5 M	8 M M	8 M	7 M M	7 M M
Pylorusdrüsen- schleimhaut	1 3 4—5	1 4 5	3 6 10	5 M	1 3 4	1 3 3—4	2 3 5	2—3 5 7—8	2 4—5 6	2 5 7

Extrakt der	5 Std.		7 Std.		7 Std.		7 Std.	
	0,1	Kontr.	0,1	Kontr.	0,1	Kontr.	0,1	Kontr.
Fundusdrüsen- schleimhaut	7—8 M M	7—8 M	2 5 7—8	2 5	7—8 M M	7—8 M	8—9 M M	8—9 M
Pylorusdrüsen- schleimhaut	2 3—4 6—7	2 3—4 6—7	1 2—3 4—5	1 2—3 4—5	2 5 7	2 5 7	3 5 8	3 5 8

Pepsin ist nach der vorstehenden Tabelle in der gesamten Schleimhaut des Hamsterdrüsenmagens vorhanden, und zwar ist daran die Fundusdrüsen Schleimhaut durchweg reicher als die

1) M = Maximum.

Pylorusdrüenschleimhaut. Es bestehen also beim Hamsterdrüsenmagen ganz dieselben Verhältnisse, wie sie seit langem für die einhöhligen Mägen von Mensch, Hund, Schwein, Pferd usw. bekannt sind. Auch bei Fütterung mit pflanzlicher Nahrung hatte ich dasselbe früher beobachtet und dabei auch gefunden, dass die Vormagenschleimhaut kein proteolytisches Ferment produziert.

Die diesbezüglichen Versuche, die bei Publikation der ersten Abhandlung noch nicht abgeschlossen waren und deshalb dort nicht mit aufgenommen wurden, möchte ich hier als Nachtrag in einer Tabelle geordnet anfügen.

Tabelle III.

Extrakte der	1/2 Std.	1 Std.	2 Std.	3 Std.	5 Std.	7 Std.
Fundusdrüsen-	2	2	2	2	2	2
schleimhaut	3	3	3	3	3	3
	4	4-5	4	5	4	4
Pylorusdrüsen-	1	1	< 1	1	1	1
schleimhaut	2	2	1	2	2	2-3
	3	3	3	3	3	3

Sie sind derart angestellt, dass stets die gesamte Schleimhautportion mit derselben Menge, und zwar 10 ccm 0,2%iger HCl-Lösung, extrahiert und vom Extrakt 0,1 ccm verwandt wurde. Die Tabelle ist daher nicht mit der ersten vergleichbar, und auch deshalb nicht, weil bei ihr eine etwas andere Farbenskala zum Vergleich benutzt wurde. Die Tabelle zeigt aber deutlich, dass auch bei dieser Anordnung die Fundusdrüenschleimhaut als Hauptproduzent des Pepsins hervortritt. Die Pylorusdrüenschleimhaut enthält weniger Pepsin, doch ist darin ebenso wie in der Fundusdrüenschleimhaut Pepsin immer deutlich nachweisbar.

Schlussbetrachtung.

Die geschilderten Untersuchungen über die Verdauung im Hamstermagen bei Fleischfütterung haben die Ergebnisse der früheren Untersuchungen bei pflanzlicher Fütterung bestätigt. Der Ablauf der Verdauung ist im grossen und ganzen derselbe.

Bei der Anfüllung des Magens gelangt Fleisch bei alleiniger Verabreichung sowohl in den Drüsenmagen wie in den Vormagen. Infolge seiner breiartigen Konsistenz nimmt der Fleischbissen aber in der Hauptsache seinen Weg durch die Speiserinne und gelangt so in den Drüsenmagen und die diesem benachbarten Teile des Vormagens. Besonders deutlich tritt dies bei vorheriger oder folgender Verabreichung eines festen Futtermittels zutage.

Speicheldiastase findet sich sofort nach einer Fleischmahlzeit sowohl im Vormagen wie im Drüsenmagen.

Die Verdauung des Fleisches durch Magensaft findet nur im Drüsenmagen statt, wo sich in Gestalt von Fundus- und Pylorusdrüsen Pepsinproduzenten finden. Der Vormagen beteiligt sich daran nicht. Er verrichtet bei Fleischnahrung wohl fast ausschliesslich mechanische Arbeit.

Im Vormagen könnten höchstens bakterielle Vorgänge eine Eiweissfäulnis bewirken. Es wird die Aufgabe einer folgenden Abhandlung sein, über den Anteil von Mikroorganismen an der Verdauung des Hamsters zu berichten.