

# **Das neuerdings wieder behauptete Sortierungsvermögen des Magens im Lichte vergleichender Studien über die mechanische und resorbierende Tätigkeit dieses Organes während der Verdauung.**

Von

**Arthur Scheunert.**

Mit drei Abbildungen im Text.

(Aus dem physiologisch-chemischen Institut der tierärztlichen Hochschule zu Dresden,  
Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Ellenberger.)  
(Der Redaktion zugegangen am 25. April 1907.)

Einige neuere Untersuchungen haben Resultate ergeben, die geeignet sind, gewisse Anschauungen umzuwälzen, die bisher über die bei der Verdauung im Magen ablaufenden Vorgänge herrschten. Namentlich gilt das von den ausführlichen Arbeiten Londons und seiner Mitarbeiter Sulima<sup>1)</sup> und Polowzowa.<sup>2)</sup> In Bezug auf die Frage nach der Eiweißresorption im Magen waren die Anschauungen und Resultate der oben erwähnten Autoren von vornherein mit einer gewissen Zurückhaltung aufzunehmen, da die bekannten Toblerschen<sup>3)</sup> Versuche, die mit einer offenbar einwandfreieren Methodik ebenfalls nach der Fistelmethode ausgeführt waren, ihnen direkt widersprachen. Langs<sup>4)</sup> neuere, noch einwandfreiere Versuche und Salaskins<sup>5)</sup> neueste Kritik haben die Berechtigung dieser Zurückhaltung dargetan und die durch Toblers Versuche gewonnenen Resultate bestätigt und befestigt. London und Polowzowa haben aber in ihrer Arbeit weitere Anschauungen

1) Diese Zeitschrift, Bd. XLVI, S. 209.

2) Diese Zeitschrift, Bd. XLIX, S. 328.

3) Diese Zeitschrift, Bd. XLV, S. 185.

4) Biochem. Zeitschrift, Bd. II, S. 225.

5) Diese Zeitschrift, Bd. LI, S. 167.

über den Übergang der einzelnen Nährstoffe aus dem Magen in den Darm entwickelt, die nicht nur an und für sich für die Ausgiebigkeit der Verdauung von Eiweiß und Kohlehydraten von Wichtigkeit sind, sondern auch gewissen Voraussetzungen widersprechen, die bei den in unserem Institut angestellten Untersuchungen zugrunde gelegt worden sind und deshalb geeignet sind, deren Resultate unwahrscheinlich werden zu lassen.

London und Polowzowa finden nämlich, daß aus dem Magen ihres Magenfistelhundes Woltschok<sup>1)</sup> im allgemeinen die schwer verdaulichen Kohlehydrate der Nahrung rascher verschwinden als die Eiweißstoffe. Da London und Polowzowa bekanntlich eine resorbierende Tätigkeit des Magens leugnen, kommen sie zu dem Schlusse, daß dem Magen eine derartige Sortierungsfähigkeit zukommt, daß er schwer verdauliche Stoffe schnell entfernt, die leicht verdaulichen hingegen zurückhält. London und Polowzowa halten es zwar, S. 355 ihrer Abhandlung, «infolge ungenügender Beobachtungszahlen» für verfrüht, «irgend welche bestimmteren Schlüsse» aus ihrem Befunde zu ziehen, führen aber dann in der Zusammenfassung der Resultate dieses Kapitels, S. 360, trotzdem unter P. 6 folgenden Satz an: Die Kohlehydrate der Nahrung werden im allgemeinen rascher aus dem Magen entfernt, als die Eiweißstoffe — Sortierungsfähigkeit des Magens.»

In der Tat scheinen weitere Beobachtungen London in dieser Anschauung bestärkt zu haben, denn er spricht in seinem kurzen Artikel «Zur Frage über die mechanische Arbeit des Magendarmtraktes»<sup>2)</sup> letztere mit folgenden Worten aus: «Nehmen wir als Beispiel eine solche natürliche Kost wie Brot und verfolgen wir den Prozeß ihrer Wanderung aus dem Magen in das Duodenum, so erfolgt, wie unsere Versuche gezeigt haben, während der ganzen Verdauungsperiode eine Sortierung derselben in Stärke und Eiweiß: während letzteres so lange als möglich im Magen zurückgehalten und der Pepsinwirkung unterworfen wird,

<sup>1)</sup> l. c. S. 347—348, Tab. A.

<sup>2)</sup> Zentralblatt für die ges. Physiologie und Pathologie des Stoffwechsels, Bd. II, 1907, S. 1.

geht eine beschleunigte Beförderung der Stärkemassen, welche keiner Pepsinverdauung bedürfen, in das Duodenum vor sich.»

Da diese hier deutlich ausgesprochene Anschauung der von mir bisher bei meinen Arbeiten vertretenen völlig widerspricht, sehe ich mich veranlaßt, im folgenden zu dieser Frage durch Veröffentlichung einiger Versuche Stellung zu nehmen und meine Anschauungen darzulegen. Da weiterhin die Frage des Fortrückens für die von mir eingeschlagene Berechnungsweise der Resorptionsgröße der Nährstoffe im Pferdemagen von größter Bedeutung ist, London und Polowzowa die Resorption sowohl von Eiweiß wie auch Kohlehydraten im Magen leugnen, so werde ich zugleich Gelegenheit nehmen, auch auf diese Frage etwas näher einzugehen.

Ich bemerke zugleich, daß meine Untersuchungen, die vergleichender Natur sein sollen, eigentlich noch nicht zur Publikation bestimmt waren, da ich beabsichtigte, sie außer auf Hund und Pferd noch auf eine dritte Tierart, nämlich das Schwein, auszudehnen, so daß dann aus der Kenntnis gewisser Vorgänge bei Vertretern der Herbivoren, Karnivoren und Omnivoren Schlüsse auf die Verdauung im allgemeinen gezogen werden könnten. Da bis zum Abschluß der Untersuchungen am Schwein noch mindestens ein Jahr verfließen dürfte und die zur Verfügung stehenden Versuche an den beiden anderen Tierarten, Pferd und Hund, genügend zahlreich sind, stehe ich nicht an, den abgeschlossenen Teil schon jetzt zur allgemeinen Kenntnis zu bringen.

Zu der von mir eingeschlagenen Methodik ist zu bemerken, daß wie stets in unserem Institute auch bei diesen Versuchen nach der Methode der *abgebundenen Darmteile* gearbeitet worden ist. Die dieser Methode mehrfach in neuerer Zeit vorgeworfenen Mängel vermögen wir nicht anzuerkennen. Sie ist nicht so vielseitig wie die Fistelmethode, bietet aber im Gegensatz zu dieser den Vorteil, daß die mit ihr erhaltenen Resultate infolge der zahlreichen Versuchstiere völlig unabhängig von individuellen Eigentümlichkeiten eines einzelnen oder einiger weniger Versuchstiere und dann weiter unter völlig physiologischen Verhältnissen gewonnen sind. Da es außerdem

bei einigen Tierarten wegen der anatomischen Verhältnisse vorläufig nicht möglich ist, Fisteln anzulegen, verbietet sich die Anwendung der Fistelmethode für vergleichende Studien teilweise von selbst. Mit der Methode des abgebundenen Magens kann man den Ablauf der Magenverdauung genau so studieren wie an einem Tiere mit Magenfistel, wobei der Methode noch der Vorzug zukommt, daß das die Motilität störende Anheften des Magens an die Bauchwand und die eventuell durch das Ausspülen des Magens bedingten Fehler in Wegfall kommen. Zu Untersuchungen über die Magenverdauung erhält das Tier nach einer Karenzzeit von 36 Stunden (zur Befreiung des Darmkanals von alter Nahrung) eine analysierte Versuchsmahlzeit und wird innerhalb bestimmter Stunden nach derselben getötet. Sofort nach dem Tode wird die Bauchhöhle eröffnet, der Magen am Ösophagus und Pylorus abgebunden, exenteriert und in Eiswasser zur Sistierung der Verdauungsvorgänge gebracht. Alsdann wird er geöffnet, der Mageninhalt entleert und nach dem Wägen zu den bekannten analytischen Bestimmungen verwendet. In einigen Fällen wurde auch der Mageninhalt sofort in auf Eis gekühlte Schalen entleert und dann in einen Eisschrank gebracht. Außer der Bestimmung der Trockensubstanz wurden alle für die folgenden Untersuchungen benötigten Analysen (auf Kohlehydrate, N und Rohfaser) mit dem auf dem Wasserbade getrockneten und dann gemahlten Inhalte vorgenommen. Bei Bestimmung dieser Nährstoffe kamen die üblichen Methoden zur Anwendung. Der Stickstoff wurde nach Kjeldahl, die Kohlehydrate durch Aufschluß im Autoklaven nach Soxhlet unter Berücksichtigung der von Märcker und Morgen gegebenen Vorschriften, hierauf folgender Inversion mit 2,5%iger HCl und Wägung des nach Allihn erhaltenen Kupfers bestimmt. Bei allen Tabellen sind die Kohlehydrate der Einfachheit halber als Dextrose in Rechnung gebracht worden. Der N-Gehalt wurde beim Pferde durch Multiplikation mit 6,25 auf Eiweiß umgerechnet. Zur Rohfaserbestimmung ist bei den Versuchen am Pferd das Weenderverfahren, modifiziert nach Wattenberg,<sup>1)</sup> bei den Versuchen am Hund zum

<sup>1)</sup> Journ. f. Landwirtschaft, 1881.

Teil auch das Glycerin-Schwefelsäureverfahren nach J. König<sup>1)</sup> angewandt worden.

Die Beurteilung des Übertretens der einzelnen Bestandteile des Mageninhalts wird dadurch am einfachsten ermöglicht, daß man die jeweilige aus dem Magen verschwundene Quantität des betreffenden Nährstoffes feststellt. Das geschieht einfach dadurch, daß man von der in der Versuchsmahlzeit verabreichten Gesamtmenge der einzelnen Nährstoffe die von ihnen im Mageninhalt noch vorgefundenen, durch die Analyse ermittelten Mengen abzieht. Bei den Kohlehydraten und der Rohfaser wird man auf diese Weise stets die wirklich verschwundene Menge erhalten. Bei den anderen Bestandteilen, Trockensubstanz, Eiweiß resp. N, wird hingegen durch die Körpersekrete (Speichel, Magensaft) eine gewisse Veränderung der Magenverhältnisse eintreten. Soweit es möglich war und bestimmte Untersuchungen dazu eine Handhabe boten, sind beim Pferde die hierdurch bedingten Änderungen in der Menge berücksichtigt worden. Die dabei angestellten Berechnungen werden in den speziellen Fällen stets erwähnt werden. Zur besseren Übersicht der einzelnen Resultate sind die verschwundenen Nährstoffmengen stets in Prozenten der mit der Mahlzeit verabreichten Gesamtmenge ausgedrückt worden.

### **1. Untersuchungen über den Übertritt der Bestandteile des Mageninhaltes in das Duodenum beim Pferde und die resorbierende Tätigkeit des Pferdemagens.**

Infolge der von mir ausgeführten größeren Arbeiten über die Verdauung des Pferdes bei Körperbewegung und Ruhe, sowie bei Maisfütterung stehen mir sehr zahlreiche (über 40) Versuche zur Verfügung. Hiervon sei zunächst auf eine Versuchsreihe von 10 mit Mais gefütterten Pferden näher eingegangen. Diese Tiere hatten nach 36 Stunden Karenz 1500 g angebrochenen Mais, dessen Zusammensetzung vorher ermittelt worden war, erhalten und waren dann, wie aus der Tabelle weiter unten ersichtlich,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 3, 4, 6, 8 Stunden nach

<sup>1)</sup> Landwirtsch. Versuchsstat., Bd. LXV.

Beendigung der Mahlzeit getötet worden. Die Menge der in der Versuchsmahlzeit verabreichten festen Bestandteile, Kohlehydrate, Trockensubstanz, Eiweiß, Rohfaser, ergibt sich aus der Analyse des Maises. Diese Bestandteile gelangen aber nach dem Abschlucken nicht alle in der gleichen Menge in den Magen, da sowohl Eiweißgehalt und Trockensubstanzgehalt durch die beim Kauen und Schlucken verbrauchte Speichelmenge zum Teil sehr beträchtlich vermehrt werden. Am oesophagotomierten Pferde zeigte ich in Gemeinschaft mit Illing,<sup>1)</sup> daß das Pferd beim Fressen von Mais durchschnittlich das Doppelte der Gewichtsmenge des Versuchsmais an Speichel sezerniert. Weiter ist durch die Untersuchungen von Ellenberger und Hofmeister<sup>2)</sup> die Zusammensetzung des gemischten Maulspeichels des Pferdes bekannt. Es ist also dadurch die Möglichkeit geboten, die durch das Hinzutreten des Speichels beim Kauen und Abschlucken bewirkten Änderungen in der Zusammensetzung der Versuchsmahlzeit, soweit sie sich auf die Vermehrung des Gehaltes an Trockensubstanz und Eiweiß beziehen, zu berechnen. Die Trockensubstanz ergibt sich, indem man eben die Trockensubstanz des Speichels (nach Ellenberger und Hofmeister 1%) zu der des Versuchsfutters addiert. Der Eiweißgehalt würde sich auf die ähnliche Weise berechnen lassen, doch ist dies in der vorliegenden Tabelle nicht ausgeführt worden, vielmehr wurde der durch den Eiweißzufluß aus den Körpersäften entstehende Fehler auf andere gleich näher zu erörternde Weise auszugleichen gesucht. Hierbei waren zwei Gründe maßgebend. Zunächst ist bekannt, daß der Pferdespeichel nach längerem Kauen seinen N-Gehalt nicht unbeträchtlich vermindert. Dann aber wissen wir nichts über den Stickstoffgehalt des zur Verdauung benötigten Magensaftes des Pferdes, während wir über die Menge des aus den Körpersäften, also aus Speichel und Magensaft stammenden Eiweiß des Mageninhaltes des Pferdes durch V. Hofmeisters<sup>3)</sup> Untersuchungen einen gewissen Anhalt besitzen. Nach diesem Autor enthielt der Pferdemageninhalt

<sup>1)</sup> Zentralbl. f. Physiologie, Bd. XIX, Heft 23.

<sup>2)</sup> Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierhkd., Bd. VII, 1881, H. 4. 5.

<sup>3)</sup> Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierhkd., Bd. XIV, S. 39.

bei mittlerem Füllungsgrade des Magens (3000—4000 g) durchschnittlich 0,6—0,8% Körpereiwweiß. Es wurde daher stets 0,6% des Mageninhalts als Körpereiwweiß von der Gesamteiwweißmenge in Abzug gebracht.<sup>1)</sup>

Auf diese Weise wird versucht, den im Magen vorgefundenen Stickstoff auf die tatsächlich nur aus der Rechnung stammende Menge zu reduzieren. Eine Korrektur der im Magen gefundenen Werte für Trockensubstanz durch Berücksichtigung der in Magensäften enthaltenen Mengen ist wegen Mangels irgend einer Handhabe für die Beurteilung der Zusammensetzung dieser Körpersekrete unterblieben. Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man die in Rechnung gesetzten, im Mageninhalt analytisch gefundenen Mengen als etwas zu hoch ansieht, was dann bei der Berechnung des tatsächlich von der Nahrung Verschwundenen auch eine Erhöhung der betreffenden Prozentzahlen zur Folge haben würde.

Nach diesem kurz erörterten Verfahren sind die Zahlen der folgenden Tabellen gefunden und berechnet worden.

<sup>1)</sup> Ich verhehle mir nicht, daß man nach den neueren Forschungsergebnissen die Berechtigung abstreiten könnte, den nach der V. Hofmeisterschen Methode der Körpereiwweißbestimmung im Magen gefundenen Wert als Norm anzunehmen. Er fütterte nämlich den Versuchspferden ein künstlich aus Stärkemehl und Cellulose bereitetes N-freies Futter und stellte dann den nach gewissen Stunden im Mageninhalt gefundenen N-Gehalt, eben das aus Speichel und Magensaft kommenden Körpereiwweiß fest. Man könnte also den Einwand erheben, daß die in ihrer Zusammensetzung differenten Futterarten auch eine verschiedene Magensaftproduktion veranlassen, die Hofmeistersche Zahl nur für das betreffende künstliche Futtermittel Geltung hätte. Hiergegen ist aber zu bedenken, daß die Zusammensetzung der gebräuchlichen, zur Fütterung des Pferdes verwendeten Futtermittel und besonders die des Mais infolge ihres großen Reichtums an Kohlehydraten (Stärke, Cellulose) und der diesen gegenüber verschwindenden Eiweißmenge nur eine sehr geringe Verschiedenheit von dem künstlichen Versuchsfutter Hofmeisters aufweist. Weiter habe ich hervorzuheben, daß ich absichtlich die niedrigste der Hofmeisterschen Zahlen, 0,6%, bei meinen Berechnungen zugrunde gelegt habe, um dem Vorwurf zu entgehen, daß ich durch Anwendung der höheren Zahl eine für meine Schlussfolgerung günstige Beeinflussung der Resultate bewirkt hätte.

Tabella I.

Ver- suchs- Nr.	Ver- dau- ungs- stunde	Bei der Nahrungsaufnahme in dem Magen gelangte Nährstoffe				Im Magen vorgefundene Nährstoffmengen				Aus dem Magen ver- schwundene Nährstoffe				Aus dem Magen ver- schwundene Nährstoffe			
		Trocken- substanz korr. g	Ei- weiß g	Kohle- hy- drate g	Rob- faser g	Trocken- substanz g	Ei- weiß korr. g	Kohle- hy- drate g	Rob- faser g	Trocken- substanz g	Ei- weiß g	Kohle- hy- drate g	Rob- faser g	Trocken- substanz %	Ei- weiß %	Kohle- hy- drate %	Rob- faser %
1	1/2—1	1359	140.7	963	27.6	1126	103.7	783	23	233	37.0	180	4.6	17.1	26.3	18.7	16.7
2	1—1 1/2	1359	140.7	963	27.6	937	91.3	702.3	20.7	422	49.4	260.7	6.9	31.1	35.1	27.1	25.0
3		1359	140.7	963	27.6	667	62.4	462.5	14	692	78.3	500.5	13.6	50.9	55.7	52	49.3
4		1359	140.7	963	27.6	1053	93.0	763.3	24.9	306	47.7	199.7	2.7	22.5	33.9	20.7	9.8
5	2—2 1/2	1359	140.7	963	27.6	1009	93.8	719.5	22.9	350	46.9	213.5	4.7	25.8	33.3	25.3	17.0
6		544	63.8	425	13.3	330	31.8	246	9.7	214	29.0	179	3.6	39.3	45.5	42.1	27.1
7	3—3 1/2	1053	123.4	915	25.7	87	8.97	61.4	2.5	966	114.4	853.6	23.2	91.7	92.7	93.3	90.3
8	4—4 1/2	1359	140.7	963	27.6	1038	93.8	714.4	25.4	321	46.9	248.6	2.2	23.6	33.3	5.8	7.97
9	6—6 1/2	1359	140.7	963	27.6	444	34.6	300	12.4	915	106.1	663	15.2	67.3	75.4	68.8	55.1
10	8—8 1/2	1359	140.7	963	27.6	414	25.3	310.5	12.9	945	115.4	652.5	14.7	69.5	82.0	67.8	53.3



Tabelle Ia.  
Hilfszahlen zur Berechnung.

Nr.	Mais g	Trocken- substanz des Mais g	Speichel g	Trocken- substanz des Speichels g	Wasser des Speichels g	Ma- gen- inhalt g	Kör- per- eiweiß %	Gefun- denes Eiweiß im Magen %
1	1500	1329	3000	30	2970	3500	21,0	124,7
2	1500	1329	3000	30	2970	2365	14,0	105,3
3	1500	1329	3000	30	2970	2040	12,2	74,6
4	1500	1329	3000	30	2970	2745	16,5	109,5
5	1500	1329	3000	30	2970	3135	18,8	112,6
6	625	531	1250	13	1237	1100	6,6	41,4
7	1210	1029	2420	24	2396	330	1,13 <sup>1)</sup>	10,1
8	1500	1329	3000	30	2970	3460	20,8	114,6
9	1500	1329	3000	30	2970	1250	7,5	42,1
10	1500	1329	3000	30	2970	1900	8,6 <sup>1)</sup>	33,9

Vergleicht man die Prozentzahlen der aus dem Magen verschwundenen Nahrungsbestandteile, so fallen gewisse konstante Verschiedenheiten in die Augen. Betrachtet man zunächst die Zahlen, die das Verschwinden der Kohlehydrate<sup>2)</sup> und Rohfaser anzeigen, so sieht man, daß in allen Fällen die Kohlehydrate den Magen des Pferdes in größerer Menge verlassen haben als die Rohfaser. Die Rohfaser ist im Pferdemagen absolut unverdaulich. Stärke, Dextrine etc. hingegen für den Herbivoren ausgezeichnet verdaubare Nährstoffe. Wir finden also hier, daß in allen Fällen der verdauliche Bestandteil schneller den Magen verläßt wie der unverdauliche, wobei ich nicht unterlassen möchte, darauf hinzuweisen, daß diesen Zahlen eine absolute Genauigkeit beizumessen ist, da Verschiebungen in ihren Mengenverhältnissen durch Körpersekrete nicht eintreten können.

<sup>1)</sup> Bei Pferd 7 und 10 wurden nur diese Mengen im Magen gelöst gefunden und deshalb als Körpereiweiß angenommen.

<sup>2)</sup> Unter «Kohlehydrate» sind selbstverständlich immer die Kohlehydrate der Stärkegruppe zu verstehen.

Zieht man weiter zum Vergleich die Zahlen heran, die das Verschwinden des Eiweißes angeben, so ergibt sich, daß in fast allen Fällen das Eiweiß in gleicher Zeit in noch größerer Menge wie die Kohlehydrate den Magen verlassen hat. Da auch die Eiweißkörper im Pferdemagen, besonders in den späteren Verdauungsstunden sehr ausgiebig verdaut werden, verschwindet also beim Pferd auch dieser verdauliche Nährstoff bedeutend rascher als die unverdauliche Rohfaser. Hier könnte der Einwand erhoben werden, daß durch Abrechnung einer zu großen Menge Körpereiwweiß vom Gesamteiwweiß des Mageninhaltes eine zu hohe Zahl für das verschwundene Eiweiß erzielt worden wäre. Ich verweise hierzu zunächst auf die Fußnote S. 525; dann ist noch folgendes zu bemerken. Berechnet man die verschwundene Menge Eiweiß ohne Rücksicht auf Körpereiwweiß, wobei also unter allen Umständen durchgängig zu niedrige Werte erhalten werden müssen, so ergeben sich allerdings für die ersten Verdauungsstunden Zahlen, die zum Teil niedriger wie die Kohlehydrat-, zum Teil sogar niedriger wie die Rohfaserzahlen sind. So sind bei Pferd 1 und 2 11,4 und 25% Eiweiß verschwunden. Auch bei den folgenden Pferden sind die Verhältnisse zum Teil noch ähnlich. In der 2.—3. Verdauungsstunde sind bei Pferd 4 aber schon 22,2% Eiweiß, also prozentisch mehr als Kohlehydrate und Rohfaser verschwunden. 3 bzw. 4 Stunden p. pat. sind 91,8 und 25,8% Eiweiß, also fast ebensoviel wie Kohlehydrate verschwunden. In den noch späteren Stunden erfolgt der Eiweißübertritt aber mit 70,7 und 75,9% unbedingt rascher als der der Kohlehydrate und der Rohfaser. Die Entfernung der Trockensubstanz erfolgt in fast ganz derselben Weise wie die der Kohlehydrate, was auch nicht verwundern kann, da ja die Kohlehydrate im Mais den überwiegenden Bestandteil der Trockensubstanz bilden. Die Zahlen dürften zwar, wie schon oben erwähnt wurde, im allgemeinen etwas zu niedrig sein, tragen aber trotzdem durch ihre Mittelstellung zwischen Rohfaser und Kohlehydraten dazu bei, die Beweiskraft dieser Zahlen zu erhöhen.

Ich glaube, daß die Tabelle trotz verschiedener aus der Individualität der Versuchstiere und anderen Umständen zu er-

klärenden Unregelmäßigkeiten mit aller Deutlichkeit zeigt, daß aus dem Magen des Pferdes zu derselben Zeit die leichtverdaulichen Bestandteile in größerer Menge verschwinden als die unverdaulichen. Obwohl mir zahlreiche andere, dieselben Unterschiede noch viel besser beweisende Versuche zur Verfügung stehen, von denen noch einige weiter unten angeführt werden sollen, glaubte ich nicht auf die Wiedergabe der vorstehenden Tabellen verzichten zu können. — Der Mais, für unsere Pferde ein verhältnismäßig ungewohntes Futtermittel, wird im Verdauungsschlauch bald schnell, bald langsam, je nach der Individualität des Tieres, stets aber schneller wie Hafer befördert, eine Tatsache, die auch aus der obigen Tabelle deutlich zu erkennen ist. Trotz dieser großen Unterschiede, die bedingen, daß bei einem Tiere (3) nach 1 Stunde schon 50% aller Nährstoffe den Magen verlassen haben, bei einem anderen (8) nach 4 Stunden aber noch 75% daselbst anwesend sind, treten ganz deutlich ausgeprägte Beziehungen zwischen dem Verschwinden der einzelnen Nährstoffe ein und derselben Mahlzeit aus dem Magen zutage. Daß diese wiederum mit der Verdaulichkeit und damit der Ausgiebigkeit der Verdauung zusammen hängen, steht wohl außer allem Zweifel und soll im folgenden an anderen Beispielen noch deutlicher dargetan werden.

In der folgenden Tabelle II sind dieselben, oben genauer geschilderten Berechnungen an 4 Pferden angestellt worden, die alle 1 Stunde nach Beendigung einer, hier aus Hafer bestehenden Versuchsmahlzeit getötet worden sind. Vergleicht man die bei diesen 4 Pferden verschwundenen prozentischen Mengen, so zeigt sich, daß auch bei diesen Tieren von der unverdaulichen Rohfaser weniger als von den gut verdaulichen Kohlehydraten den Magen verlassen hat. Noch größer ist die fehlende Eiweißmenge.

Die vorher besprochenen 10, sowie diese 4 Versuche, die ich ohne weiteres noch um 10 vermehren könnte, zeigen also mit großer Übereinstimmung, daß beim ruhenden Pferd die Nährstoffe eines Nahrungsmittels derart den Magen verlassen, daß die unverdaulichen am langsamsten, die gut verdaulichen aber viel rascher aus ihm verschwinden. Da wir weiterhin

Nr.	Mit der Versuchsmahlzeit verabreicht				Im Magen vorgefunden				Aus dem Magen verschwunden				Aus dem Magen verschwunden			
	Trocken- sub- stanz	Ei- weiß	Kohle- hy- drate	Rob- faser	Trocken- sub- stanz	Ei- weiß	Kohle- hy- drate	Rob- faser	Trocken- sub- stanz	Ei- weiß	Kohle- hy- drate	Rob- faser	Trocken- sub- stanz	Ei- weiß	Kohle- hy- drate	Rob- faser
1	1684	222.1	1235.3	208.9	1393	166.3	965.9	164.3	291	55.8	269.4	44.6	17.3	25.1	21.8	21.4
2	1684	222.1	1235.3	208.9	1369	132.1	919.4	163.4	315	90	315.9	45.5	18.7	40.5	25.6	21.8
3	1373.4	161.6	624	178.3	912	93	402.6	122.7	461.4	68.6	221.4	55.6	33.6	42.5	35.5	31.2
4	1326	164.1	683.4	219	1131.	106.3	541.6	175.6	195	57.8	141.8	43.4	14.7	35.2	20.8	19.8

Tabelle II.

5	Tabelle III.			
	Trocken- sub- stanz	Ei- weiß	Kohle- hy- drate	Rob- faser
5	1330.4	175.5	980	165
6	1373.4	161.6	624	178.3
7	1264	152.7	635.6	204

Tabelle III.

1277	158	840.6	156.8	53.4	17.5	139.4	8.2	4.0	9.9	14.2	5.0
1306	148.1	476	176.7	67.4	13.5	148	1.6	4.9	8.4	23.7	0.9
1020	135	446.5	180.2	244	17.7	189.1	23.8	19.3	11.6	29.8	11.7

wissen, daß im Magen des Pferdes unter normalen Verhältnissen die Ausgiebigkeit der Eiweißverdauung stets etwas beträchtlicher ist als die der Kohlehydrate, so wird man hierdurch zu dem Schlusse genötigt, daß die am raschesten und ausgiebigsten verdauten Nahrungsbestandteile auch rascher aus dem Magen verschwinden als die schwerer verdaulichen. Diese Folgerung erhält eine weitere Bestätigung durch die Betrachtung der Resultate weiterer 3 Pferde (5, 6, 7), die nach der Mahlzeit nicht wie die andern vorher erwähnten Tiere geruht hatten, sondern körperliche Arbeit durch Bewegung (Schritt und Trab) hatten leisten müssen. Während im Magen eines ruhenden Pferdes schon im Verlauf der ersten Verdauungsstunde Verhältnisse herrschen, die neben der Amylolyse auch eine sehr beträchtliche Proteolyse zur Folge haben, liegen die Verhältnisse beim arbeitenden Pferde ganz anders. Körperliche Bewegung bewirkt, wie ich früher gezeigt habe,<sup>1)</sup> beim Pferde eine Behinderung der Motilität des Magens und eine Steigerung der Wassersekretion. Man findet demnach bei solchen Tieren einen sehr reichlich gefüllten Magen mit sehr wasserreichem Inhalt, dessen Reaktion zum Teil, wie Tangl<sup>2)</sup> zeigen konnte, noch alkalisch ist. Es liegt auf der Hand, daß dann eine Eiweißverdauung nur in beschränktem Maße stattfinden kann, da die für eine kräftige Pepsinwirkung unerläßlichen Bedingungen (Säurekonzentration usw.) fehlen. Alkalische, oft schwach saure, hauptsächlich milchsäure Reaktion, die Anwesenheit der gewaltigen Speichelmenge behindert die Eiweißverdauung, begünstigt hingegen den Ablauf der Amylolyse. Bei einem bewegten Pferde wird demnach die Ausgiebigkeit der Kohlehydratverdauung größer sein als die der Eiweißverdauung. Ist demnach die aus den beiden ersten Tabellen gewonnene Schlußfolgerung über die Beziehung des Verschwindens der Nahrungsbestandteile aus dem Magen zur Ausgiebigkeit ihrer Verdauung richtig, so muß man beim bewegten Pferde erwarten, daß im Verhältnis zur unverdaulichen Rohfaser eine sehr große Kohle-

<sup>1)</sup> Pflügers Archiv, Bd. CIX, S. 145.

<sup>2)</sup> Pflügers Archiv, Bd. LXIII, S. 567.

hydratmenge, aber nur eine, die Rohfasermenge wenig überschreitende Eiweißmenge verschwunden ist.

Die Tabelle III (S. 530) zeigt die Richtigkeit dieser Annahme auf das schönste. Von den Kohlehydraten sind in derselben Zeit dreimal so viel wie von der Rohfaser und durchschnittlich doppelt so viel wie vom Eiweiß verschwunden. Die verschwundene Eiweißmenge übertrifft die Rohfasermenge nur um ein geringes.

Ich glaube darauf verzichten zu können, noch weitere zahlenmäßige Belege für diese Schlußfolgerungen anzuführen, da sie durch die im Vorstehenden niedergelegten Resultate zur Genüge gestützt sein dürften.

Diese Versuche und Betrachtungen führen also zu dem Schlusse, daß ein aus mehreren Nährstoffen zusammengesetztes Nahrungsmittel sich im Magen des Pferdes derart verhält, daß die jeweilig am ausgiebigsten verdauten Nährstoffe am schnellsten, die schwer oder unverdaulichen am langsamsten daraus verschwinden.

Meine Versuche am Pferde führen mich also, wenn man, wie London die Resorption im Magen leugnet, zu Schlüssen, die den von London und Polowzowa gezogenen entgegengesetzt sind. Es erscheint mir aber unzulässig vom Standpunkte der Versuche am Pferde, auf die Resultate dieser Autoren näher einzugehen, da von vornherein nicht behauptet werden kann, daß beim Hund und Pferd gleiche oder ähnliche Verhältnisse bezüglich der mechanischen und chemischen Vorgänge bei der Magenverdauung herrschen. Es soll daher erst bei der folgenden Besprechung von Versuchen am Hund in eine derartige Erörterung eingetreten werden. An dieser Stelle genügt es, lediglich das Verschwinden der einzelnen Nährstoffe aus dem Magen des Pferdes zahlenmäßig festzulegen. Nebenbei sei aber bemerkt, daß die zahlreichen früher in unserm Institute von anderen Forschern an Pferden, Schweinen, Hunden und Wiederkäuern ausgeführten Untersuchungen gleiche Resultate wie die meinen in bezug auf die mich beschäftigende Frage über das Sortierungsvermögen des Magens ergeben haben.

Es bleibt nun die Frage zu lösen, wohin gelangen die

aus dem Magen verschwundenen Nährstoffe und wie geht überhaupt die Entleerung des Magens vor sich.

Die Entleerung des Magens während der Verdauung können wir uns zunächst so denken, daß er sich der schwer verdaulichen Bestandteile der Nahrung so schnell als möglich zu entledigen sucht.<sup>1)</sup>

Diese Anschauung, die mit der Londons zusammenfallen würde, trifft nach den soeben angeführten Versuchsergebnissen für das Pferd keinesfalls zu. Es müßte ja nach dieser Anschauung sehr bald eine Entblößung des Magens von unverdaulichen Bestandteilen, in unserem Fall also von der Rohfaser, eintreten, während doch im Gegenteil nach meinen Versuchen vielmehr eine Anhäufung dieser Bestandteile stattfindet.

Ferner könnte die Entleerung derart stattfinden, daß, sobald im Magen Nährstoffe verdaut, also gelöst worden sind, diese zum Pylorus befördert werden und dort, selbstverständlich mit ungelösten Bestandteilen vermischt, in den Darm übertreten. Einen solchen Entleerungsmodus kann man mit den oben angeführten Zahlen recht gut in Einklang bringen, ja man wird durch sie direkt darauf hingewiesen, den Entleerungsvorgang auf diese Art zu erklären. Demnach würde ein Nährstoff in dem Maße, wie er verdaut wird, auch zum Pylorus gelangen und den Magen verlassen. Die relative Größe der von den verschiedenen Nährstoffen verschwundenen Mengen würde demnach davon abhängig sein, wie rasch und ausgiebig sie der Verdauung unterlagen. Wie im Vorstehenden gezeigt worden ist, fällt dies mit den Tatsachen zusammen, indem stets derjenige Nährstoff, der unter den im Magen jeweilig herrschen-

<sup>1)</sup> An dieser Stelle sei betont, daß es sich bei den vorhergehenden und folgenden Betrachtungen lediglich um Nahrungsmittel handelt, die eine gleichmäßige, gewissermaßen homogene Masse, wie die natürlichen Nahrungsmittel der Herbivoren, darstellen, in der die einzelnen Bestandteile und Nährstoffe gleichmäßig verteilt enthalten sind, z. B. Brot, Körnerfrüchte, Gräser usw. Es bedarf wohl nicht der Hervorhebung, daß die Entleerungs- und Verdauungsvorgänge im Magen bei künstlichen, ungleichmäßig zusammengesetzten Mahlzeiten (die bekannten Probefrühstücke, Suppen mit Fleischstücken usw.) sehr gut anders ablaufen können und werden.

den Verhältnissen am ausgiebigsten verdaut wird, auch stets in größerer Menge aus dem Magen verschwindet. Man würde hierdurch zu der Annahme genötigt, daß das Übertreten der einzelnen Bestandteile des Mageninhalts in den Darm ungleichmäßig erfolgt, indem, wie soeben ausgeführt, die bereits verdauten und gelösten Bestandteile rascher in den Darm gelangen wie die ungelösten. Gegen diese Anschauung bestehen jedoch gewichtige Bedenken, wenn man beachtet, daß bei diesem, einer Art Auslaugung nicht unähnlichen Vorgang stets die flüssigen Anteile des Mageninhalts in größerer Menge als die festen zum Pylorus strömen und daselbst den Magen verlassen müßten. Da diese fortwährenden Flüssigkeitsverluste austrocknend auf den Mageninhalt einwirken würden, der Wassergehalt des Mageninhaltes aber nahezu konstant bleibt, müßte ein Ersatz der jeweilig verschwundenen Flüssigkeitsmenge durch Wassersekretion seitens der Magenschleimhaut erfolgen. Eine Entleerung des Magens in dieser Weise würde also ohne Zweifel dauernde, pyloruswärts gerichtete Flüssigkeitsströmungen zur Folge haben.

Durch die Untersuchungen von Ellenberger,<sup>1)</sup> Grützner<sup>2)</sup> und Scheunert<sup>3)</sup> wissen wir aber, daß im Magen noch bis in die spätesten Verdauungsstunden deutliche regionäre Unterschiede bestehen und daß im Magen verschiedenfarbige hintereinander gefütterte Nahrungsmittel fast bis zur Beendigung der Verdauung deutlich geschichtet liegen.

Daß Flüssigkeitsströmungen ein Bestehenbleiben dieser Schichtungen und regionären Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung hindern würden, liegt auf der Hand. Daß derartige Strömungen nicht stattfinden, kann auch sehr leicht dadurch gezeigt werden, daß man einem Tiere (in diesem Falle also Pferd) Futtermittel verabreicht, von denen die einen mit wasserlöslichen Farben, die andern gar nicht oder mit wasserunlöslichen Farben gefärbt werden. Treten Flüssigkeitsströmungen im Magen ein, so muß sich dies durch Verwischen der Farbenunterschiede kennzeichnen. Wie man aus meinen anderwärts

<sup>1)</sup> Vgl. Physiologie der Haussäugetiere, Bd. I, S. 732, 1890.

<sup>2)</sup> Pflügers Arch., Bd. CVI, S. 463.

<sup>3)</sup> Pflügers Arch., Bd. CXIV, S. 64.



veröffentlichten Versuchen, besonders loc. cit., S. 70, Vers. I, S. 82, Vers. VI, die in dieser Weise und teilweise zu diesem Zweck ausgeführt sind, ersehen kann, ist aber nie etwas derartiges zu bemerken.

Mir scheinen daher diese Betrachtungen in zwingender Weise darauf hinzudeuten, daß man durch die Annahme eines ungleichmäßigen Übertritts der einzelnen Bestandteile nicht den Fehlbetrag an zuviel verschwundenen, leicht verdaulichen Nährstoffen erklären kann. Wie der Tierversuch zeigt, sind diese aber tatsächlich in größerer Menge als die unverdaulichen verschwunden: nach dem soeben Erörterten erscheint es unwahrscheinlich, daß sie ihren Weg durch den Pylorus genommen haben. Es bleibt infolgedessen nur eine Möglichkeit:

Sie sind vom Magen resorbiert worden.

Unter Zuhilfenahme der Resorption lassen sich die Vorgänge im Magen trefflich erklären. Die Anfüllung erfolgt bei der Nahrungsaufnahme nach den von Ellenberger, Grützner und mir festgelegten Bedingungen und der Inhalt bewegt sich in der ebenfalls festgestellten Weise langsam fort. Die an der Oberfläche des Inhalts verdauten, also gelösten Nährstoffe werden teilweise sofort von der Schleimhaut aufgesaugt. Gelangen Inhaltsteile in den pylorischen Teil, so werden sie von der Hauptmasse abgeschmürt, unterliegen einer intensiven Verdauung und Resorption und werden dann als gleichmäßige, feinverteilte Masse in den Darm befördert. Der Mageninhalt an sich rückt hierbei vollständig gleichmäßig vorwärts, nur wird er mit der Zeit infolge der mit der Ausgiebigkeit der Verdauung fortschreitenden Resorption immer ärmer an verdaulichen und immer reicher an unverdaulichen Bestandteilen.

Auf Grund der oben aufgestellten Tabellen und unter Berücksichtigung der durch das Studium der mechanischen Vorgänge im Magen gewonnenen Anschauungen gelange ich zu der Überzeugung, daß im Magen des Pferdes eine recht beträchtliche Nährstoffabsorption stattfindet. Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu betonen, daß ich gelegentlich früherer Arbeiten<sup>1)</sup> stets den in unserem Institut seit vielen

<sup>1)</sup> Pflügers Arch., Bd. CIX, S. 166. Diese Zeitschrift, Bd. XLVII, S. 88.

Jahren eingenommenen Standpunkt von neuem energisch vertreten habe, daß der Mageninhalt im Grunde genommen mit allen seinen Bestandteilen gleichmäßig in den Darm übertritt. Ich habe auch damals noch neue Beweise für die Richtigkeit dieser Anschauung zu erbringen gesucht.

Am Schlusse meiner Ausführungen über meine Versuche am Pferde angelangt, möchte ich deren Ergebnisse in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen.

1. Aus dem Magen des Pferdes verschwinden die Nährstoffe einer zusammengesetzten Nahrung derart, daß derjenige Nährstoff, der unter den jeweiligen Verhältnissen der ausgiebigsten Verdauung unterliegt, am raschesten und in größter Menge, die weniger ausgiebig oder unverdaulichen Nährstoffe aber in geringerer Menge verschwinden.

2. Im Magen des Pferdes findet eine Resorption der Nährstoffe statt, deren Größe bei jedem einzelnen Nährstoff in gewissen Beziehungen zur Ausgiebigkeit seiner Verdauung steht. Obwohl im Mageninhalt in den späteren Verdauungsstunden ein Anwachsen der unverdaulichen Bestandteile konstatiert werden kann, findet der Übertritt desselben in den Darm im Grunde genommen mit allen seinen jeweiligen Bestandteilen gleichmäßig statt.

3. Ein Sortierungsvermögen besitzt der Pferdemagen nicht. Die Anreicherung der unverdaulichen Bestandteile wird durch die Resorption der leicht verdaulichen und deshalb bald gelösten Nährstoffe veranlaßt.

## **2. Über das Verschwinden der Nährstoffe aus dem Magen des Hundes und die Frage der Resorptionsfähigkeit desselben.**

Meine Versuche an Hunden sind ebenfalls mit der Methode des abgebundenen Magens ausgeführt und hauptsächlich deshalb angestellt worden, um den Einfluß der Körperbewegung auf die Verdauung dieses Tieres zu studieren. Diese Studien sind noch nicht völlig abgeschlossen, doch hoffe ich dieselben in nächster Zeit zu vollenden und zu veröffentlichen. Zur Zeit

steht mir eine Versuchsreihe von 18 Individuen zur Verfügung, von denen ich jedoch im folgenden nur 6 zu meinen Ausführungen heranziehen werde, da ich der definitiven Veröffentlichung nicht vorgreifen will und außerdem, wie von vornherein betont sei, die an den 6 Tieren gewonnenen Resultate, soweit sie für meine jetzigen Ausführungen von Wichtigkeit sind, mit denen der anderen Tiere völlig übereinstimmen.

Als Versuchsfutter wählte ich ein vegetabilisches, zusammengesetztes Nahrungsmittel, da dieses neben den verdaulichen (Eiweiß und Kohlehydrate) einen im Magen absolut unverdaulichen Bestandteil, die Rohfaser, enthält. Für meine Zwecke am passendsten erschien mir die Pferdebohne (*vicia faba*), von der zur Versuchsmahlzeit eine gewisse, grob geschrotene Menge mit der dreifachen Menge kochenden Wassers angebrüht und zu einem Brei innig vermenget wurde. Um diese Nahrung dem Hunde schmackhafter zu machen, wurde stets noch eine geringe Portion Fleischextrakt zugesetzt, deren N-Gehalt und Trockensubstanz natürlich mit in Rechnung gezogen worden sind. Auch bei diesem Versuche wurde also eine Nahrung verabreicht, deren Bestandteile in nahezu vollkommen gleichmäßiger Vermengung vorhanden waren. Trotzdem der Hund ein karnivores Tier ist, kann infolge einer jahrtausendelangen Gewöhnung an die Menschen und die dadurch bedingten Ernährungsverhältnisse eine derartig gekochte, vegetabilische Nahrung wohl mit gutem Recht als naturgemäß betrachtet werden.

Die Ausführung der Versuche, die Analysen des Mageninhalts und die Berechnungen der Resultate sind in derselben Weise erfolgt, wie eingangs geschildert worden ist. Es sei hervorgehoben, daß irgend eine Berücksichtigung der durch den Hinzutritt der Körpersäfte zum Mageninhalt bewirkten Veränderungen in den Mengen von Trockensubstanz und Stickstoff nicht erfolgt ist.

Die im folgenden angeführten Zahlen sind also genau dieselben, wie sie durch die analytischen Bestimmungen ermittelt worden sind.

Betrachtet man zunächst wieder die Zahlen, die das Verschwinden der im Magen des Hundes unverdaulichen Rohfaser

Tabelle IV.

Ver- suchs- Nr.	Ver- dau- ungs- stunde	Verfüttert				Im Magen gefunden				Aus dem Magen verschwunden				Aus dem Magen verschwunden			
		Trocken- sub- stanz g	N g	Kohle- hy- drate g	Roh- faser g	Trocken- sub- stanz g	N g	Kohle- hy- drate g	Roh- faser g	Trocken- sub- stanz g	N g	Kohle- hy- drate g	Roh- faser g	Trocken- sub- stanz %	N %	Kohle- hy- drate %	Roh- faser %
5	1	183,8	9,005	114,6	13,08 <sup>1)</sup>	169,7	8,096	103,0	12,2	14,1	0,909	11,6	0,88	7,67	10,09	10,12	6,73
10	1	356,1	16,628	229,2	24,28 <sup>2)</sup>	334,0	14,933	205,3	22,38	22,1	1,695	23,9	1,70	6,21	10,42	10,43	7,0
13	2	365,3	17,723	229,2	24,28 <sup>2)</sup>	319,1	15,012	197,9	21,75	46,2	2,711	31,3	2,53	12,65	15,30	13,66	10,42
14	2	365,5	17,749	229,2	24,28 <sup>2)</sup>	273,6	12,93	168,9	18,70	91,9	4,819	60,3	5,58	25,15	27,15	26,31	22,98
7	4	274,2	13,318	171,9	18,21 <sup>2)</sup>	170,6	7,867	106,0	11,65	103,6	5,451	65,9	6,56	37,78	40,93	38,34	36,02
11	4	359,3	17,015	229,2	24,28 <sup>2)</sup>	278,6	12,878	174,5	18,55	80,7	4,137	54,7	5,73	22,46	24,31	23,87	23,6

<sup>1)</sup> Weender Verfahren.

<sup>2)</sup> J. Königs Glycerin-Schwefelsäureverfahren.

und der schwer verdaulichen Kohlehydrate wiedergeben, so findet man eine vollkommene Übereinstimmung mit den oben beim Pferde festgestellten Verhältnissen. In derselben Zeit verschwindet auch beim Hunde der unverdauliche Bestandteil aus dem Magen in geringerer Menge, als die verdaulichen Kohlehydrate.

Wie weiter aus der Tabelle ersichtlich ist, verlassen aber die der ausgiebigsten Verdauung unterliegenden N-haltigen Nährstoffe auch den Hundemagen durchgängig in größter Menge.

Den für Kohlehydrate und Rohfaser angegebenen Zahlen kommt eine absolute Genauigkeit zu, während die für N und Trockensubstanz angegebenen Prozentzahlen aus gleich zu erörternden Gründen zu niedrig sein müssen. Die durch die Analyse im Magen ermittelte Stickstoffmenge stammt ja nicht lediglich aus der Nahrung, sondern wird durch die Körpersekrete vermehrt. Die aus dem Magen als verschwunden berechnete Menge N ist also durchgängig zu gering. Hätte man also einen Anhalt für die aus den Körpersäften stammende Menge Stickstoff und brächte diese in Anrechnung, so würde das bei allen Versuchen eine Erhöhung der die verschwundene N-Menge anzeigenden Zahlen im Gefolge haben. Hierdurch würde noch deutlicher die Tatsache zum Ausdruck gebracht werden, daß auch beim Hunde die der ausgiebigsten Verdauung unterliegenden Nahrungsbestandteile, die N-haltigen Nährstoffe, in größter Menge aus dem Magen verschwinden. Eine derartige Berechnung bei diesen Versuchen vorzunehmen, halte ich für unnötig, da schon die unkorrigierten, niedrigen und deshalb für meine Ansicht ungünstigen Zahlen genügend beweisend sein dürften.

Die soeben mitgeteilten Resultate nötigen also zu dem Schlusse, daß auch das Verschwinden der Bestandteile einer Nahrung aus dem Magen des Hundes von der Ausgiebigkeit der Verdauung dieser Bestandteile abhängig ist, und daß in demselben Zeitabschnitt derjenige Nährstoff in größter Menge verschwindet, der am ausgiebigsten verdaut wird.

Dieses Ergebnis widerspricht vollkommen der von London behaupteten Sortierfähigkeit des Magens, die eine

raschere Beförderung der im Magen schwer verdaulichen Nährstoffe zur Folge haben soll. Meine Versuche beweisen vielmehr gerade das Gegenteil.

Käme nach London dem Magen die Aufgabe zu, die Bestandteile der Nahrung zu sortieren und sie dahin zu führen, wo die zu ihrer Verdauung nötigen Fermente zugegen sind und die betreffenden Verdauungsprozesse ablaufen; so müßte ja gerade z. B. die Rohfaser als im Magen absolut unverdaulich möglichst rasch aus diesem hinausbefördert werden. Beim Pferde z. B. müßten wir sie binnen kurzem im Caecum und Colon vorfinden, wo sich erst die zu ihrer Verdauung erforderlichen Prozesse abspielen; dadurch allein schon, daß die angeblich sortierende Arbeit des Magens bei der Rohfaser offenbar versagt, fällt die ganze Londonsche Theorie in sich zusammen. Aus sämtlichen oben mitgeteilten Versuchen geht aber weiter mit größter Schärfe hervor, daß im Magen auch in bezug auf Eiweiß und Kohlehydrate nicht im entferntesten eine Sortierung in der von London behaupteten Weise stattfindet. Es werden ja keineswegs die schwer verdaulichen Nährstoffe rascher entfernt, als die leichter verdaulichen; im Gegenteil findet viel eher eine Anhäufung der schwer und unverdaulichen Bestandteile im Magen statt. Wenn von einem Sortierungsvermögen des Magens überhaupt gesprochen werden darf, so hat dies also sicherlich nicht im Sinne Londons zu geschehen. Weiter liegt aber wohl fast gar keine Berechtigung vor, überhaupt eine Sortierungstätigkeit des Magen anzunehmen; denn wäre das rasche Verschwinden der leicht verdauten Nährstoffe nicht anders zu erklären als durch ein schnelleres Hinausbefördern der in Lösung übergegangenen Bestandteile, so handelte es sich wohl weniger um eine sortierende Tätigkeit des Magens, als lediglich um einen einfachen physikalischen Vorgang.

Auf Grund meiner Versuche, die mit den einfachsten Mitteln unter völlig physiologischen Bedingungen, ohne chirurgische Eingriffe gewonnen sind, gelange ich demnach zu dem Schlusse: **Das von London behauptete Sortierungsvermögen des Magens gibt es nicht.**

Es würde nunmehr wiederum die Frage zu erörtern sein, auf welche Weise das Verschwinden der einzelnen Nahrungsbestandteile aus dem Magen zu erklären ist.

Auch beim Hund könnten meine Versuchsergebnisse so gedeutet werden, daß die leicht verdaulichen, also in größerer Menge gelösten Nährstoffe rascher als die ungelösten Bestandteile aus dem Magen entleert würden, daß also ein ungleichmäßiges Fortrücken des Mageninhalts stattfände. Aus dem bereits oben bei der Schilderung der Ergebnisse der mit Pferden angestellten Versuche angeführten Grunde vermag ich aber dieser Anschauung nicht zuzustimmen, da ihr die mehrfach erwähnten, am gefrorenen Mageninhalt gemachten Beobachtungen widersprechen. Würde das Verschwinden in dieser Weise erfolgen, so wäre man genötigt, wie oben beim Pferd genauer ausgeführt wurde, stets gewisse Flüssigkeitszirkulationen im Magen anzunehmen, die pyloruswärts gerichtet, ein längeres Bestehenbleiben der regionären Verschiedenheiten des Mageninhalts verhindern würden.

Im folgenden sind 2 Versuche genauer angeführt, die angestellt worden sind, um das Fehlen derartiger Flüssigkeitszirkulationen zu veranschaulichen.

Bei Versuch I erhielt das Versuchstier (ein mittelgroßer Hund) nacheinander je 250 g mit Milch durchkneteter Brotkrumen, von denen die erste Portion mit Gentianablau, die zweite ungefärbt und die dritte mit einer in Wasser löslichen Farbe — Bordeauxrot — gefärbt war, verabreicht. Eine Stunde nach Beendigung der Mahlzeit wurde das Tier getötet, der Magen exenteriert, gefroren und durchsägt. Der Längsschnitt (Fig. 1) zeigt deutlich, daß von einer Durchmischung nicht die Rede sein kann. Die Konturen der einzelnen Schichten sind vollkommen scharf und auch die Betrachtung der Oberfläche des Mageninhaltes nach Abziehen der Magenwandung zeigte, daß auch hier eine Vermischung der Farbenunterschiede an den Grenzlinien der Schichten nicht stattgefunden hatte. Nun illustriert dieser Versuch die während der Verdauung im Magen des Hundes herrschenden Verhältnisse doch noch nicht ganz richtig. Bekanntlich ist der Magen während der Verdauung

in zwei deutlich getrennte Teile geschieden, indem sich der pylorische Teil durch eine Einschnürung vom übrigen Magencavum trennt. Von dieser Einschnürung ist bei diesem Versuche nichts oder vielleicht nur eine Andeutung an der durch die unterbrochene Linie gekennzeichneten Stelle zu sehen. Offenbar hat die Zeit von einer Stunde bei dem vorhandenen Füllungsgrade noch nicht genügt, um die durch eine derartige Einschnürung hervorgerufene Lagerungsveränderung des Inhaltes deutlich hervortreten zu lassen.

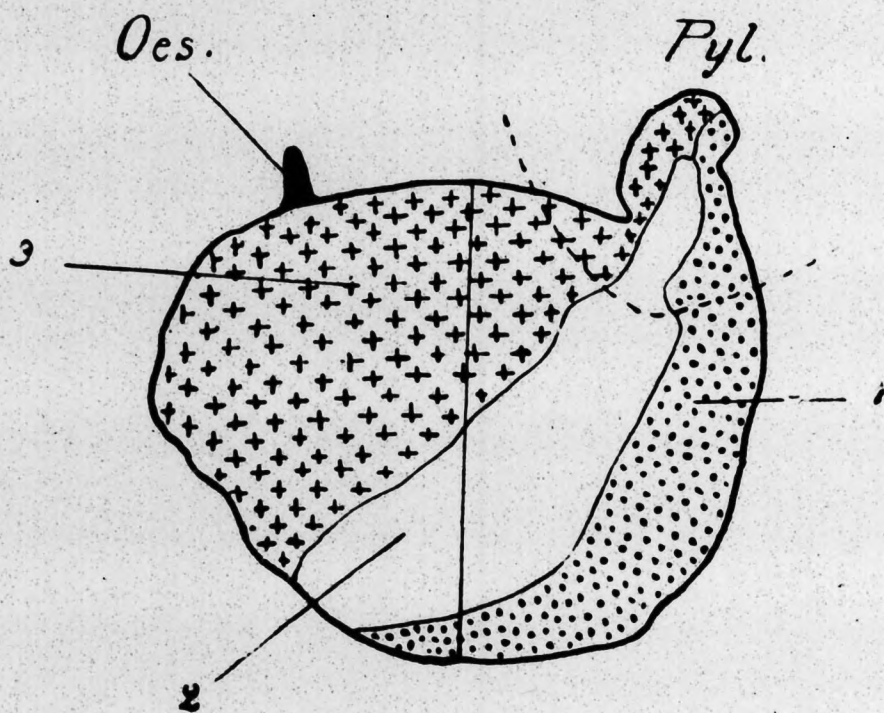


Fig. 1.

Bei einem weiteren Versuche II wurde das Versuchstier, welches in genau derselben Weise gefüttert worden war, daher erst nach 3 Stunden getötet. Figur 2 gibt den dabei gewonnenen Längsschnitt, Figur 3 den Querschnitt wieder. Figur 2 veranschaulicht trefflich die zu dieser Zeit im Magen herrschenden Verhältnisse. Der größte Teil des Mageninhalts ist vollständig deutlich ohne Verwischung der Konturen geschichtet. Im pylorischen Teil trifft man hingegen eine völlige Vermischung aller Bestandteile, was sich auch durch die gleichmäßige Farbe des Inhalts beim Versuche zu erkennen gab. Die Stelle und Wirkung der Abschnürung sieht man übrigens ausgezeichnet an der Form der weißen mittleren Futterschicht.



Flüssigkeitszirkulationen, die irgendwie von Bedeutung sein können, treten demnach auch nach 3stündiger Verdauung im Hauptteil des Magens nicht auf, und für die Annahme, daß die im abgeschnürten Pylorusteil enthaltene, oder daselbst sich herstellende völlig gleichmäßige Mischung ungleichmäßig daraus entleert werden sollte, liegt wohl kaum irgend eine Berechtigung vor.

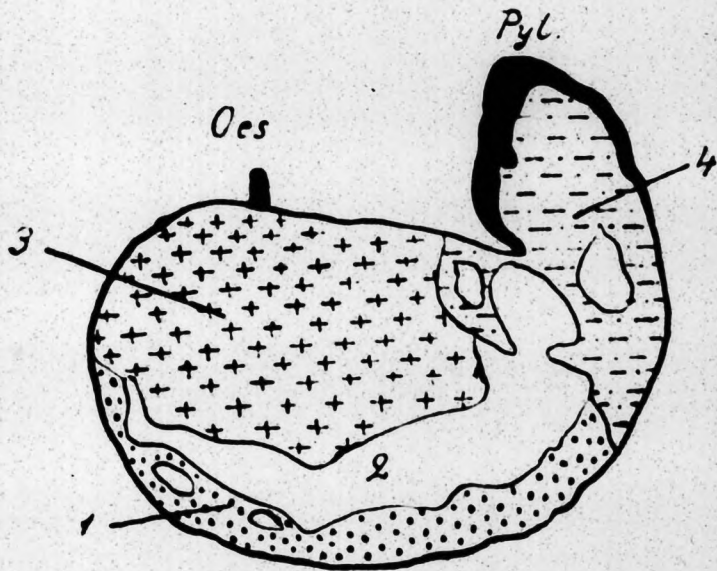


Fig. 2.

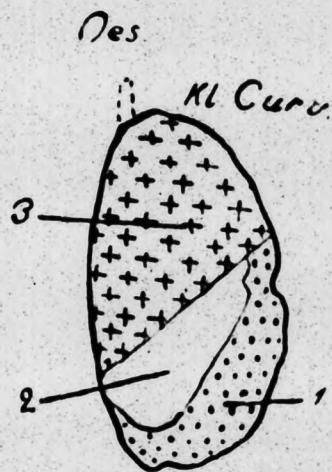


Fig. 3.

Ich glaube daher auch beim Hund auf ein völlig gleichmäßiges Fortrücken des Mageninhalts in den Darm schließen zu müssen und komme dadurch zu dem weiteren Schluß, daß das raschere Verschwinden der leicht verdaulichen Nährstoffe auf eine resorbierende Tätigkeit der Magenschleimhaut zurückzuführen ist.

Der Magen entleert danach seinen Inhalt mit allen seinen jeweiligen Bestandteilen gleichmäßig in das Duodenum, aber durch die während der Magenverdauung stattfindende Aufsaugung<sup>1)</sup> der verdauten Nährstoffe wird der Mageninhalt an verdaulichen Stoffen ärmer, sein Gehalt an unverdaulichen nimmt

<sup>1)</sup> Der Ort der Aufsaugung im Magen entzieht sich meiner Beurteilung, doch scheinen die in der Zeichnung nicht zum Ausdruck kommenden Färbungen der Oberfläche mehr darauf hinzudeuten, daß eine Resorption nur oder hauptsächlich in der regio pylorica stattfindet, wo ja auch Zotten oder zottenähnliche Bildungen, plicae villosae, ähnlich wie im Dünndarm auftreten.

hingegen relativ immer mehr zu. Hierdurch werden die oben angeführten auf ein ungleichmäßiges Fortrücken hindeutenden Zahlen hervorgerufen.

Was endlich die Größe der Aufsaugung im Magen des Hundes anlangt, so dürfte sie wie die geringen Unterschiede der einzelnen Prozentzahlen untereinander zeigen, allzuhohe Werte nicht erreichen. Sicherlich erstreckt sie sich sowohl auf Kohlehydrate wie Eiweißkörper, doch dürfte die Aufsaugung der ersteren geringer wie die des Eiweißes sein, wie ja auch die Kohlehydrate im Hundemagen einer wesentlich geringeren Verdauung als die Eiweißkörper unterliegen.

Ich verhehle mir nicht, daß gegen die oben bezüglich der Resorptionstätigkeit des Magens angewandte Beweisführung gewisse Einwände erhoben werden können, glaube aber trotzdem an den von mir gezogenen Folgerungen festhalten zu müssen und um so mehr darauf bestehen zu können, als die Berechtigung meiner Schlüsse auch aus den bekannten Ergebnissen der schönen Untersuchungen Langs und Toblers hervorgeht.

Fasse ich die hauptsächlichsten Schlußfolgerungen, die ich aus meinen Versuchen mit Hunden gezogen habe, in kurzen Worten zusammen, so gelange ich zu folgenden Sätzen:

1. Die Bestandteile einer gleichmäßig zusammengesetzten Versuchsmahlzeit verschwinden aus dem Magen des Hundes derart, daß in gleicher Zeit die am ausgiebigsten verdauten Nährstoffe in größter, die unverdauten Nährstoffe in geringster Menge verschwunden sind. Hieraus folgt, daß die von London behauptete Sortierungsfähigkeit des Magens nicht existiert.

2. Der Übertritt des Mageninhaltes in das Duodenum erfolgt mit allen seinen Bestandteilen gleichmäßig. Das raschere Verschwinden der verdaulichen Bestandteile ist nur eine Folge der resorbierenden Tätigkeit des Magens.