

Aus dem Physiologischen Institut der Kgl. Tierärztlichen Hochschule  
zu Dresden.

---

# Der Ablauf der Magenverdauung des normal gefütterten und getränkten Pferdes

Nach Versuchen, gemeinsam ausgeführt mit

**Dr. A. Schattke**

Oberveterinär im 3. Kgl. Sächs. Ulanen-Regiment Nr. 21  
ehem. kommandiert an das Physiologische Institut

von

**Dr. A. Scheunert**

a. o. Professor und Abteilungsvorsteher im Physiologischen Institut der Kgl.  
Sächs. Tierärztlichen Hochschule in Dresden

Mit 20 Abbildungen im Text

Abdruck aus „Zeitschrift für Tiermedizin. Bd. 17“



**Dr. Gerh. Lohraff**  
prakt. Tierarzt

Jena  
Verlag von Gustav Fischer  
1913

## Vorwort.

Unsere Anschauungen über die Verdauung des Pferdes gründen sich auf die Ergebnisse der Arbeiten Ellenbergers, die Ende der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts begonnen und mit Schülern und Mitarbeitern dauernd fortgesetzt worden sind. Je länger man in diesem Gebiete arbeitet und je klarer man es überblickt, um so sicherer wird die Erkenntnis, daß gerade beim Herbivoren die die Verdauung bewerkstellenden Vorgänge eine früher kaum geahnte Vielseitigkeit aufweisen. Die Vorgänge im Magen stehen hierbei mit im Vordergrund und ihr Studium läßt erkennen, mit welcher Sicherheit jedes sich darbietende Hilfsmittel von seiten des Organismus seinen Zwecken dienstbar gemacht wird.

Die vorliegende Abhandlung ist aus der Absicht heraus entstanden, den Ablauf der mannigfaltigen Vorgänge der Magenverdauung unter den Verhältnissen der normalen Fütterung zu verfolgen. Es war dafür einmal der Wunsch des Forschers maßgebend, der sich davon eine wesentliche Bereicherung der Kenntnisse vom Ablauf der Magenverdauung der Herbivoren und neue Anregungen für die vergleichende Beurteilung der Verdauung der Säugetiere versprach. Dann sollte aber auch praktischen Zwecken gedient werden, indem durch Gewinnung eines klaren Bildes der gesamten Magenverdauung die Beurteilung des Wertes der Mahlzeit- und Nahrungsmittelfolgen, der Wasseraufnahme vor, während und nach den Mahlzeiten, der Verabreichung von Arzneimitteln und anderer Fragen besser ermöglicht werden sollte als bisher.

Sr. Exzellenz dem Herrn Staatsminister General-Oberst Freiherrn v. Hausen, bin ich zu größtem, ehrerbietigsten Danke verpflichtet. Die durch Se. Exzellenz in höchst entgegenkommender Weise genehmigte Befehligung eines militärischen Mitarbeiters hat die Durchführung der Arbeit in dem vorliegenden Umfange überhaupt erst ermöglicht.

Ebenso danke ich meinem Chef, Herrn Geheimen Rat Professor Dr. Ellenberger, für die Bewilligung der Mittel und sein nie erlahmendes Interesse an den langwierigen Untersuchungen.

Dresden, im August 1913.

A. Scheumert.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Einleitung . . . . .	1
2. Ziele der Arbeit . . . . .	7
3. Methodik . . . . .	8
4. Die Reaktionsverhältnisse des Mageninhaltes . . . . .	14
5. Gewicht des Mageninhaltes und Fassungsvermögen des Pferdemagens	16
6. Mechanik der Magenfüllung . . . . .	22
7. Wassergehalt des Mageninhaltes . . . . .	25
8. Der Transport des Tränkwassers durch den Verdauungstraktus	29
9. Ablauf der Eiweißverdauung . . . . .	50
10. Ablauf der Kohlehydratverdauung im Magen . . . . .	67
11. Allgemeine zusammenfassende Betrachtung . . . . .	72

## 1. Einleitung.

Die Kenntnisse, die wir zurzeit über die Verdauung der pflanzenfressenden und omnivoren Haustiere besitzen, sind in erster Linie durch eine große Anzahl von Untersuchungen erschlossen worden, die seit dem Jahre 1880 aus unserem Institut hervorgegangen sind. In diesem Jahre stellte Ellenberger jenes großzügige Programm<sup>1)</sup> auf, an dessen Durchführung von Ellenberger selbst und zahlreichen Mitarbeitern (V. Hofmeister, Goldschmidt, Tangl u. a.) seither gearbeitet worden ist und wird.

Die ersten grundlegenden Untersuchungen sind zunächst von Ellenberger und seinem verdienten Mitarbeiter V. Hofmeister in den Jahren 1880—86 ausgeführt worden<sup>2)</sup>. Später haben sich dann unter Leitung Ellenbergers und auf Grund der von ihm ausgehenden Anregung zahlreiche Schüler und Mitarbeiter mit der Ausarbeitung dieses Gebietes beschäftigt\*).

1) Ellenberger u. Hofmeister, V., Über die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes. Arch. f. wissenschaft. und praktische Tierheilkunde 1882, Bd. VIII, H. 6.

2) Ellenberger u. Hofmeister und die Verdauung des Pferdes. Arch. f. wissenschaft. und praktische Tierheilkunde 1880—1886, Bd. VII—XII. — Ellenberger, Über die Veränderung der Nährstoffe im Pferdemaßen. Tagebl. d. Naturforscherversammlung 1882, S. 232. — Ellenberger u. Hofmeister, V., Die Magenverdauung des Pferdes. Kgl. Sächs. Veterinärber. 1883, S. 101. — Ellenberger, Der gegenwärtige Standpunkt der Verdauungslehre. Vorträge für Tierärzte 1880, H. 7. — Ellenberger u. Hofmeister, V., Die Verdauung der Haussäugetiere. Landwirtsch. Jahrbücher, Bd. XVI, S. 201.

\*) Die weit mehr als 100 Originalartikel, die diese Fragen behandeln und aus unserem Institut hervorgegangen sind, können hier nicht einzeln angeführt werden. Ihre Ergebnisse sind im Handbuch der Physiologie, herausgeg. von Ellenberger, Berlin 1890, Bd. I, S. 494, 708 u. ff. und im Lehrbuch der vergl. Physiologie der Haussäugetiere, herausgeg.

v  
Artikeln über „Die Verdauung“ eingehend dargestellt.

Besonders sorgfältig ist die Verdauung des Pferdes studiert worden, da dieses Tier als reiner Herbivore mit seinem charakteristisch gebauten Verdauungsschlauch das höchste wissenschaftliche und als wichtiges Nutztier in Landwirtschaft und Heer gleichzeitig das höchste praktische Interesse beanspruchte<sup>3-5</sup>).

So wurden nicht allein die makroskopisch- und mikroskopisch-anatomischen Verhältnisse des Verdauungsschlauches des Pferdes erforscht, sondern auch die Funktion der Verdauungsdrüsen und vor allem die Bedeutung der einzelnen Abschnitte des Verdauungstraktus für den Ablauf der Verdauung bei Hafer- und Maisfütterung, bei Ruhe und Körperbewegung ergründet. Zahlreiche wichtige Ergebnisse haben diese Untersuchungen zutage gefördert und ein Teil der Fütterungsregeln, die in der Armee bei der Fütterung des Truppenpferdes ihre allgemeine Anwendung erfahren, sind auf Grund dieser Versuche aufgebaut worden<sup>7</sup>).

Trotz dieser zahlreichen und langjährigen Untersuchungen sind viele Fragen doch noch nicht vollständig gelöst. Der Grund hierfür liegt darin, daß im Laufe der Zeit ein Wechsel

der Anschauungen infolge weiterer Entwicklung der Wissenschaft und in innigem Zusammenhange hiermit eine Vervollkommnung der Methodik stattgefunden hat. Hierdurch werden immer wieder neue Fragestellungen erschlossen, die neue Versuchsreihen oder Wiederholung älterer unter neuen Gesichtspunkten nötig machen. Außerdem aber ist die zu lösende Aufgabe eine so große und umfassende, daß eine vollkommene Lösung in absehbarer

darf. Da zu Beginn der Untersuchungen über die Verdauung des Pferdes dieses Gebiet so gut wie unerforscht war, handelte es sich zunächst darum, unter möglichst einfachen Bedingungen zu arbeiten und eine Basis für die Erforschung komplizierter Verhältnisse zu schaffen.

Dies gelang dadurch, daß zunächst nur die Verdauung einer aus nur einem Futtermittel zusammengesetzten Mahlzeit verfolgt wurde. Weiter wurde dabei dafür gesorgt, daß bei Aufnahme der Versuchsmahlzeit Reste einer früher aufgenommenen Nahrung im Magen und Dünndarm nicht mehr zugegen waren, so daß also keine Vermischung der Versuchsmahlzeit mit Resten früher aufgenommener Mahlzeiten zu befürchten war.

Zum Studium des Ablaufes der Verdauung wurden die in der genannten Weise gefütterten Versuchstiere in verschiedenen Stadien der Verdauung getötet und der Inhalt von Magen und Dünndarm auf Verdauungsprodukte und Unverdautes untersucht. Diese Methodik wurde geführt. Naturgemäß erhält man bei jedem Versuch immer nur ein Bild vom Stande der Verdauung im Momente der Tötung, während ein Versuch über den zeitlichen Verlauf selbst uns nicht unterrichten kann. Dieser Unzulänglichkeit wird aber dadurch begegnet, daß zahlreiche Versuche angestellt werden, bei denen die Tiere zu verschiedenen Zeiten getötet werden, so daß man also eine größere Anzahl von solchen Bildern

3) Goldschmidt, H., Die Magenverdauung des Pferdes. Zeitschr. f. physiolog. Chemie 1886, Bd. X, S. 361. — Ders., Die Ausgiebigkeit der Magen- und Dünndarmverdauung beim Pferde. Zeitschr. f. physiolog. Chemie 1887, Bd. XI, S. 286.

4) Ta verdaunung. Pflügers Archiv. 1896, Bd. LXIII, S. 545.

5) Edelmann, R., Die Fortschritte auf dem Gebiete der Verdauungslehre unserer Haussäugetiere im letzten Dezennium. Vorträge für Tierärzte.

6) Scheunert, A., Über den Einfluß der Körperbewegung auf die Verdauung und Nährstoffabsorption des Pferdes. Pflügers Arch. 1905, Bd. CIX, S. 145. — Scheunert u. Grimmer, Über die Verdauung des Pferdes bei Maisfütterung. Zeitschr. f. physiolog. Chemie 1906, Bd. XLVII, S. 88. — Scheunert, Zum Mechanismus der Magenverdauung. Pflügers Arch., Bd. CXIV, S. 64. — Grimmer, W., Ein Beitrag zur Kenntnis der Verdauung unter besonderer Berücksichtigung der Eiweißverdauung. Biochem. Zeitschr. 1907, Bd. II, S. 118. — Scheunert, A. u. Rosenfeld, E., Die Eiweißverdauung im Magen des Pferdes. Deutsche Tierärztl. Wochenschr., 1

7) Ellenberger, Über die den deutschen Militärpferden zu gewöhnliche Haferration. Veröffentl. des Inspektors des Militärveterinärwesens 1887, I. Quart., S. 30.

man diese chronologisch aneinandergereiht gemeinsam betrachtet, erhält man einen Überblick über den Ablauf in seiner Gesamtheit und kann sehr sichere Schlüsse ziehen. Diese gewinnen noch dadurch an allgemeiner Gültigkeit, daß infolge der Verwendung zahlreicher verschiedener Tiere unter Zuhilfenahme zahlreicher Kontrollversuche eine Beeinflussung der Ergebnisse durch die Individualität der Versuchstiere ausgeschlossen wird.

Wir betonen diese Grundlagen unserer Methodik auch an dieser Stelle deshalb, weil infolge des Ausbaues der Fisteltechnik an Hunden vielfach die Meinung verbreitet ist, daß nur die Fistelmethode allein brauchbare Resultate geben könne und Methoden, die sich auf die Untersuchung des Inhaltes aus post mortem entnommenen Darmteilen erstrecken, der Fistelmethodik weit unterlegen seien. Das ist aber nicht der Fall und würde, falls man sich auf diesen Standpunkt stellen wollte, dazu führen, daß man überhaupt die Erforschung der Verdauung der großen pflanzenfressenden Haustiere aufgeben müßte; denn bei diesen läßt sich die Fistelmethodik aus anatomischen und praktischen Gründen keineswegs in ähnlichem Umfange wie beim Hunde anwenden.

Die Grundlagen, die durch die älteren Untersuchungen Ellenbergers und seiner Schüler geschaffen worden sind, seien hier nur in aller Kürze, soweit sie für das Verständnis unserer Resultate und Fragestellungen nötig sind, erwähnt.

Die vom Pferde gut gekauten, mit reichlichem alkalischen Speichel durchtränkten Bissen füllen nach dem Abschlucken den Magen derart an, daß sie sich, ohne sich mit einander zu vermischen, aufeinander schieben und aneinanderlagern. Der Mageninhalt ist also, besonders tritt das beim Genusse verschiedenfarbiger Futtermittel zutage, deutlich geschichtet, und auch während des Ablaufes der Verdauung tritt eine Vermischung des Inhaltes nicht oder erst dann ein, wenn der Magen fast ganz leer ist. Der Magensaft dringt von der Peripherie aus und zwar von denjenigen Schleimhautpartien, die ihn absondern, langsam in den Inhalt ein. Infolge dieser

Verhältnisse bestehen im Magen während des Ablaufes der Verdauung erstens regionäre Verschiedenheiten, indem an zwei benachbarten Stellen des Mageninhaltes niemals genau dieselben Vorgänge ablaufen und dieselbe Zusammensetzung besteht und zweitens zeitliche Verschiedenheiten, indem im Anfang und bei weiter fortgeschrittener Verdauung an ein und derselben Stelle des Mageninhaltes niemals genau die gleichen Vorgänge ablaufen und die gleiche Zusammensetzung herrscht.

Diese bestehenden Verschiedenheiten haben sehr verschiedene Ursachen, die hier im einzelnen anzuführen dem Zwecke der vorliegenden Abhandlung nicht entsprechen würde, wir verweisen deshalb auf die von Ellenberger und dem einen von uns vor kurzer Zeit an anderer Stelle gegebene ausführliche Darstellung<sup>8)</sup>, die dem jetzigen Stande der Forschung entspricht.

Ellenberger hat auf diesen Ergebnissen seiner Untersuchungen die Lehre vom periodischen Ablauf der Magenverdauung aufgebaut und sie durch die Untersuchungen experimentell begründet.

Nach der Ellenbergerschen Lehre besteht während und vielleicht ganz kurze Zeit nach der Nahrungsaufnahme im Magen eine rein amylytische Periode, in der nur Stärke, aber noch kein Eiweiß verdaut wird. Sehr bald geht diese Periode in eine gemischt amylytisch-proteolytische Periode über. Diese ist zunächst vorherrschend amylytisch, später vorherrschend proteolytisch, schließlich, aber erst gegen Ende der Verdauung, geht sie in eine rein proteolytische Periode über. Die rein amylytische Periode ist von sehr beschränkter Dauer. Die Proteolyse beginnt bald und zuerst in der Fundusdrüsengegend, dann im Antrum pylori und zuletzt in der Vormagenabteilung. Das aber immerhin noch frühzeitige

<sup>8)</sup> Die Verdauung im Lehrbuch der vergl. Physiologie der Hausäugetiere, herausgeg. von Ellenberger u. Scheunert. Berlin 1901.

Auftreten der Proteolyse in der ösophagealen Portion erklärt sich aus dem raschen Auftreten großer Mengen von Milchsäure, in deren Gegenwart das Pepsin des Magensaftes auch beim Vorhandensein einer (infolge der Neutralisation durch Speichel usw.) ungenügenden HCl-Konzentration wirken kann, sodann aus dem Vorhandensein der in unserem Institut (Ellenberger, Hofmeister, Scheunert, Grimmer) nachgewiesenen proteolytischen, auch bei alkalischer und neutraler Reaktion wirksamen Fermente der Nahrung<sup>9-14</sup>). Bei dem weiteren Fortschreiten der Proteolyse bestehen bei den Einhufern wegen des Vorhandenseins einer drüsenfreien Vormagenabteilung gewisse Eigentümlichkeiten, die sich besonders in der Verschiedenheit der Vorgänge in dieser Abteilung (der langen Dauer einer bedeutenden Amylyolyse u. dgl.) gegenüber dem übrigen Magen äußern. Es besteht kardiaseitig, trotz der durch Milchsäure bedingten sauren Reaktion, die Amylyolyse wegen des langsamen Eindringens der Salzsäure ungehindert fort, so daß kardiaseitig die Amylyolyse, pylorusseitig die Proteolyse herrscht bzw. vorherrscht<sup>15</sup>). Schließlich tritt aber auch dort im Magen eine rein proteolytische Periode ein, wobei die auftretende

9) Ellenberger u. Hofmeister, V., Über das Vorkommen eines proteolytischen und anderer Fermente im Hafer und deren Einwirkung auf die Verdauungsvorgänge. Arch. f. wissenschaftl. u. Tierheilkunde 1888, Bd. XIV, S. 55.

10) Ellenberger, Über die Beeinflussung der Verdauung und der Ausnützung der vegetabilischen Nahrungsmittel durch die in den Pflanzen vorkommenden Enzyme. Skand. Arch. f. Physiologie, Bd. XVIII, S. 306.

11) Ellenberger u. Hofmeister, Über die Herkunft des in dem Magen wirksamen diastatischen Fermentes. Arch. f. wissenschaftl. und praktische Tierheilkunde, Bd. XIII, S. 188.

12) Hofmeister, Ein Beitrag zur Frage der Nahrungsmittelfermente. Arch. f. wissenschaftl. und praktische Tierheilkunde 1894, Bd. XX, H. 1.

13) Grimmer, W., Zur Kenntnis der Wirkung der proteolytischen Enzyme der Nahrungsmittel.

14) Scheunert u. Grimmer, Zur Kenntnis der in den Nahrungsmitteln enthaltenen Enzyme und ihrer Mitwirkung bei der Verdauung. Zeitschr. f. physiolog. Chemie 1906, Bd. XLVIII, S. 27.

15) Ellenberger u. Hofmeister, Die Unterschiede zwischen dem Inhalte des sogenannten Vormagens und des eigentlichen Magens des Pferdes. Kgl. Sächs. Veterinärbericht 1885, S. 36.

Salzsäure auch die Milchsäurebakterien abtötet und die Milchsäuregärung aufhebt.

## 2. Ziele der Arbeit.

Wie eingangs erwähnt, waren diese Anschauungen bei Versuchen gewonnen worden, bei denen die Tiere mit leerem Magen und Dünndarm mit einer aus einem Futtermittel bestehenden Mahlzeit gefüttert worden waren. Darüber aber, wie sich die Verhältnisse im Magen eines normal, mit mehreren Futtermitteln und täglich fortlaufend zu bestimmten Zeiten gefütterten Pferdes gestalten, bestehen keinerlei Erfahrungen. Solche zu sammeln war die Aufgabe unserer Arbeit.

Bei der großen Bedeutung, die die Fütterung und Ernährung des Truppenpferdes besitzt, erschien von größtem Werte, speziell die Verdauung des Pferdes bei der in der Armee üblichen Futterfolge zu studieren.

Hierbei ergaben sich folgende Fragen, die zunächst Antwort erheischen:

1. Wie gestaltet sich der Periodenablauf beim normal gefütterten Pferd.
  - a) Kommt überhaupt jemals eine rein amylyolytische Periode zustande.
  - b) Wie lange dauert die Amylyolyse.
  - c) Wann tritt die rein proteolytische Periode ein.
2. Wie wird der Ablauf der Magenverdauung und speziell die gerade herrschenden Perioden durch die Neuaufnahme von Futtermitteln beeinflusst.
3. Welchen Einfluß übt die Aufnahme von Tränkwasser auf den Ablauf der Verdauung und die Zusammensetzung des Mageninhaltes aus.  
Biochem. Zeitschr. 1907, Bd. III, S.
  - a) Wie lange ist der Einfluß noch festzustellen.
  - b) Wie lange ist getrunkenes Wasser im Magen noch nachzuweisen.

- c) Welchen Weg nimmt es im Magen und bis wohin schreitet es vor.

### 3. Methodik.

Zur Lösung dieser Aufgaben wäre es nötig gewesen, die Versuche auf die Dauer eines Tages auszudehnen. Wir haben aber davon aus äußeren Gründen Abstand genommen und unsere Versuche lediglich auf die Zeit vor der ersten Frühmahlzeit bis nach der Mittagsmahlzeit beschränkt. Wir konnten das um so eher, als durch die regelmäßige Fütterung der Tag gewissermaßen in drei nahezu gleich große Abschnitte geteilt wird, innerhalb welcher die Tiere ungefähr stets dieselben Rationen erhalten.

Die Versuchsmethodik mußte natürlich in Hinblick auf die besonderen Zwecke gegenüber früheren wesentlich modifiziert werden. Sie gestaltete sich wie folgt:

Im ganzen verwandten wir 43 Versuchstiere, die zwar 12—18 Jahre alt waren, aber durchgängig einen guten Ernährungszustand zeigten und hierin und in ihrer sonstigen Leistungsfähigkeit etwa einem älteren Artilleriepferd entsprachen. Von ihnen wurden 20 zu sämtlichen Bestimmungen herangezogen, während 23 nur zu sogenannten Tränkversuchen Verwendung fanden.

Bei diesen Tränkversuchen wurde bei 8 Tieren lediglich das Gewicht und der Wassergehalt der drei Magenportionen bestimmt und ferner der Weg, den die Flüssigkeit durch den Magen genommen hatte, sowie der Ort festgestellt, bis zu dem die getrunzene Flüssigkeit vorgedrungen war. Dies erzielten wir durch Verabreichung eines mit Malachitgrün gefärbten Tränkwassers, dessen Farbe sich stets deutlich in Magen und Darm nachweisen ließ.

Die Schwierigkeiten der Versuche waren nicht unerheblich, da sich häufig Versuchstiere schon während der Vorfütterung untauglich, z. B. durch Koppen, schlechtes Fressen

usw. erwiesen oder während des Versuches selbst versagten. Auch kamen beim Abbinden der Magenportionen, besonders wenn der Magen stark gefüllt war, Zerreißen vor, die den Verlust des Inhaltes und damit Unverwendbarkeit des Tieres zur Folge hatten. Auch mehrere Tränkversuche scheiterten an der Verweigerung des gefärbten Wassers seitens der Tiere. Es mögen auf diese Weise etwa noch 10 weitere Tiere aus den Versuchen vor ihrer Tötung oder vor der endgültigen Verarbeitung ausgeschaltet worden sein.

Die Art und Weise der Fütterung und Haltung der Versuchspferde wurde, soweit es mit dem Betriebe und den des Institutes vereinbar war, genau so wie bei Militärpferden üblich durchgeführt. Die verabreichten Futtermeugeu entsprachen den mittleren Garnisonrationen.

Als erste Tagesmahlzeit erhielten die Pferde 1500 g Hafer und 200 g Häcksel, die in durchschnittlich 30 Minuten verzehrt wurden. Eine Stunde nach Beginn der Futteraufnahme wurden die Tiere getränkt und die von dem beliebig zur Verfügung stehenden Wasser aufgenommene Mengen notiert, nach einer weiteren Stunde wurde die erste Heuration (750 g) aufgesteckt. 8 Stunden nach der Morgenmahlzeit folgte die Mittagsmahlzeit, bestehend aus 2000 g Hafer und 200 g Häcksel. Wie nach der Frühmahlzeit erfolgte 1 Stunde nach der Mittagsmahlzeit das Tränken und 2 Stunden danach die Heugabe von 750 g. Endlich folgte 6 Stunden nach Beginn der Mittagsmahlzeit, also ca. 10 Stunden vor der nächsten Frühmahlzeit die Abendmahlzeit, die aus 2000 g Hafer, 200 g Häcksel bestand und nach deren Aufnahme in den üblichen Zeitabschnitten Wasser und 750 g Heu gereicht wurden.

Die Versuchstiere wurden nach ihrer Aufnahme in die Stallung des Institutes einige Tage in der daselbst üblichen Weise gefüttert, um ihnen die Anpassung an die neuen Verhältnisse zu ermöglichen und eventuell vorhandene Störungen in bezug auf die Nahrungsaufnahme, Verdauung und Kotabgabe festzustellen und zu beseitigen oder derartige Tiere vom Versuche auszuschließen. Hatten sich die Tiere als geeignet erwiesen, so begann der eigentliche Versuch. Hierzu wurde das Tier in

der oben geschilderten Weise ca. 3—4 Tage lang mit dem Versuchsfutter gefüttert. Die Folge der Mahlzeiten und ihr zeitlicher Abstand wurden streng inne gehalten. Allerdings wurden bei den einzelnen Tieren gewisse Verschiebungen der Tagesstunden der Fütterung dadurch veranlaßt, daß die Tötung zu einer Zeit erfolgen mußte, die zur Vornahme der nötigen Manipulationen und der sich daran anschließenden ersten Verarbeitung günstig war. Die Arbeit, die das Pferd während des militärischen Lebens leistet, konnten wir die Versuchstiere natürlich nicht in demselben Maße ausführen lassen, wir suchten sie durch Longieren zu ersetzen. Zu den durch den Versuchsplan gegebenen Zeiten erfolgte die Tötung der Tiere durch Schlag und nachfolgende Verblutung. Darauf wurde die Bauchhöhle sofort eröffnet, Ösophagus und Duodenum unmittelbar am Magen unterbunden um postmortales Übertreten von Mageninhalt zu verhüten, und dann der vorsichtig herausgenommene Magen durch Ligaturen in die drei durch die verschiedene Ausbildung ihrer Schleimhaut charakterisierten Portionen (die ösophageale Portion, die Fundus- und Pylorusdrüsenportion) abgeschnürt. Nach dem Abtrocknen und Wiegen des Magens wurden die Magenabteilungen einzeln eröffnet, der Inhalt mittels Lackmuspapier auf Reaktion geprüft und sorgfältig in Blechgefäße quantitativ entleert, die sich in Eiswasser zur Verhinderung weiterer Verdauungsvorgänge befanden. Um das Gewicht der einzelnen Portionen zu ermitteln, wurde der Magen nach Entleerung der Futtermassen einer jeden Abteilung (also zuletzt ganz leer) nochmals gewogen. Diese Handgriffe folgten einander rasch und exakt, so daß nur wenige Minuten bis zur Entleerung und Wägung des Magens verstrichen. Durch fleißiges und energisches Umrühren der Futtermassen in den einzelnen Gefäßen wurde eine gleichmäßige Verteilung von Wasser und festen Teilen herbeigeführt. In dem so vorbereiteten gemischten Mageninhalt wurden bestimmt: 1. Gehalt an Trockensubstanz, 2. der Zuckergehalt als Maß für den Abbau der Stärke, 3. Eiweiß- und Peptongehalt als Maß der Eiweißverdauung.

Die Aufarbeitung des Mageninhaltes gestaltete sich wie folgt: Zuerst wurden zur Bestimmung der Trockensubstanz abgewogene Proben auf dem Wasserbade eingedampft und dann im Trockenschrank bei einer Temperatur von ca. 105° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der übrige Rest des Mageninhaltes wurde dann mit einer hydraulischen Presse ausgepreßt und die weiteren Versuche mit diesem Preßsaft ange stellt. Um aus diesem noch die groben festen Partikelchen zu entfernen, wurde er mit einer großen, von einem 5pferdigen Elektromotor getriebenen Zentrifuge zentrifugiert und von dem stets reichlichen, fest haftenden Bodensatz die darüber stehende Flüssigkeit abgossen. Darauf wurde die Flüssigkeit zum größten Teile im Eisschrank durch Schleicher-Schüllsche Filter klar filtriert und das Filtrat zur Bestimmung des gesamten gelösten Stickstoffes verwandt. Zu diesem Zwecke wurden zweimal je 10 ccm des Filtrates gewogen und bis zur Gewichtskonstanz eingedampft, weitere zweimal 10 ccm dienten zur Ermittlung des Stick-

stoffgehaltes nach Kjeldahl. Da auf diese Weise der Wasser- und Stickstoffgehalt der 10 ccm bekannt waren, ließ sich durch eine einfache Gleichung die Menge des gesamten gelösten Stickstoffes des betreffenden Mageninhaltes leicht berechnen. Bezeichnet man die gesuchte Stickstoffmenge mit  $x$ , so hat man folgende Gleichung:

Wassergehalt der 10 ccm: Stickstoffgehalt der 10 ccm = Gesamt-wassermenge:  $x$ .

Auf diese Weise konnte also die Gesamtmenge des im Mageninhalt in Form löslicher stickstoffhaltiger Produkte enthaltenen N bestimmt werden. Zur Feststellung der Produkte der Pepsinspaltung, Syntonin, Albumosen und Peptone wurde im klaren Filtrat des Preßsaftes nach der weiter unten beschriebenen Methode Syntonin und noch koagulables Eiweiß gefällt, diese abfiltriert, im Filtrat wiederum der N-Gehalt nach Kjeldahl ermittelt und aus diesem der Gesamtgehalt des Mageninhaltes an unkoagulablen stickstoffhaltigen Verbindungen berechnet. Die Differenz aus gelöstem N und unkoagulablem N des Mageninhaltes ergab die Stickstoffmenge, die auf Syntonin und eventuell noch vorhandenes koagulables Eiweiß entfiel. Da außerdem durch die weiter unten geschilderte Methode die Menge des auf Pepton und sonstige lösliche, abiurete Stickstoffverbindungen entfallenden N im Mageninhalt bekannt war, konnte durch Abziehen dieses Wertes von dem des auf unkoagulable Stickstoffverbindungen entfallenden N die Menge des Albumosenstickstoffes ermittelt werden.

Zur Ausscheidung von koagulablem Eiweiß und Syntonin wurden 5 ccm des klarfiltrierten Preßsaftes mit 5 ccm einer konzentrierten Kochsalzlösung versetzt und gekocht, wobei in den wenigsten Fällen unserer Versuche ein deutlicher Niederschlag von koagulablem Eiweiß ausfiel. Syntonin wurde durch Aufkochen und Neutralisation, mit Phenolphthalein als Indikator, als Neutralisationspräzipitat gefällt. Die jeweiligen Niederschläge wurden abfiltriert und die klaren Lösungen nach Kjeldahl analysiert.

Zur Bestimmung des Zuckergehaltes wurden aus abgewogenen Proben (50 g) des gut durchmischten Mageninhaltes, die mit Phosphorwolframsäure fällbaren Substanzen nach Zusatz geringer Mengen konzentrierter Salzsäure entfernt, darauf wurde abfiltriert, das klare Filtrat mit Natronlauge und Essigsäure neutralisiert und auf dem Wasserbade eingedampft. Das eingedampfte Filtrat wurde durch gewöhnliche Faltenfilter in 200 ccm Maßkolben filtriert und auf 200 ccm aufgefüllt. 10 ccm dieser Lösung dienten dann zur Zuckerbestimmung nach Bang.

Zur Bestimmung der Peptone und sonstiger löslicher abiureter Stickstoffverbindungen wurden aus dem Mageninhalt entnommene und zur Fällung von Eiweiß und Albumosen mit gesättigter Zinksulfatlösung beschickte Proben (50 g) durch gewöhnliche Faltenfilter filtriert, mit Zinksulfatlösung nachgewaschen und in einem Maßzylinder von 250 ccm bis zur Marke aufgefüllt. Zur Analyse wurden 25 ccm verwandt und nach

Kjeldahl die Stickstoffmenge dieser Probe ermittelt. Da sich meist im Mageninhalt Ammoniumverbindungen vorfinden, mußte von der auf diese Weise erhaltenen Gesamtstickstoffmenge der Gehalt an Ammoniakstickstoff abgezogen werden, den wir in 25 ccm des betreffenden Filtrates durch Destillation mit Magnesia nsta ermittelten. Die verwendete Zink-sulfatlösung stellte eine gesättigte Lösung dar, die (wie Z u n z vorschreibt) mit 4 ccm Schwefelsäure ( $D = 1,84$ ) auf einen Liter versetzt wurde.

Zum Nachweis der in den einzelnen Portionen des Mageninhaltes vorhandenen wirksamen Fermente bedienten wir uns der auf oben geschilderte Weise gesammelten rohen Preßsäfte.

Zum Nachweis des diastatischen Fermentes kam die von J. Wohlgemuth<sup>16)</sup> vorgeschlagene Methode in Anwendung. Wir beschickten eine Reihe Reagenzgläser mit absteigenden Mengen der zu untersuchenden Fermentlösung — 1,0; 0,64; 0,4; 0,25; 0,16; 0,1 ccm unseres Preßsäftes — und mit 2—3 ccm Aq. dest. Da der rohe Preßsaft stark getrübt war und diese Trübung zum größten Teile aus freien Stärkepartikelchen, die die weitere Ausführung der Fermentbestimmung störten, bestand, mußte er zunächst durch kleine Filter klar filtriert werden. Zu dem klaren Filtrat wurden 5 ccm einer 1 %igen Stärkelösung und soviel  $H_2O$  gefügt, daß in jedem Reagenzglas 10 ccm Flüssigkeit enthalten waren. Sämtliche Manipulationen wurden in der Kälte vorgenommen, um jede Fermentwirkung zunächst auszuschließen. Wenn dann alle Gläschen in dieser Weise vorbereitet waren, kamen sie in einen Thermostaten von ca. 40°, um die Wirkung des Fermentes in allen Portionen zugleich einsetzen zu lassen. Nach Ablauf von 2 resp. 4 Stunden wurden die Gläschen dem Thermostaten entnommen und sofort wieder in Eiswasser gebracht, um die Fermentwirkung aufzuheben. Zur Feststellung der Stärke der Fermentlösung wurde nach Wohlgemuth folgendermaßen verfahren. Sämtliche Reagenzgläser wurden etwa bis fingerbreit vom Rande mit kaltem Wasser angefüllt, zu jedem Gläschen je ein Tropfen einer  $\frac{n}{10}$  Jodlösung zugesetzt und umgeschüttelt. Dabei konnte man verschiedene Färbungen, wie Dunkelblau, Blauviolett, Rotgelb, Gelb beobachten, die den Färbungen entsprechen, die die beim fermentativen Abbau des zugesetzten Stärkekleisters entstehenden Produkte (Dextrine) mit Jod geben. Die die dunkelblaue Farbe zeigenden Gläschen wiesen auf die darin noch unverdaute Stärke hin, während die die blauviolette bis gelbe Färbung zeigenden Gläschen den Abbau der Stärke bis zu Erythro-dextrin, Achroo-dextrin, Maltose und Traubenzucker bewiesen. Es wurde durch Vergleich der Farben dasjenige Gläschen ermittelt, in dem zum ersten Male die blaue Farbe deutlich auftrat. In diesem war also noch unabgebaute Stärke vorhanden, während in dem die größere Fermentmenge enthaltenden Gläschen,

16) Wohlgemuth, J., Über eine neue Methode zur quantitativen Bestimmung des diastatischen Fermentes. Biochem. Zeitschr. 1908, Bd. IX, S. 1.

das keine Blaufärbung mehr zeigte, die Stärke schon völlig zu Dextrin abgebaut war. Mit einer einfachen, von Wohlgemuth vorgeschlagenen Berechnungsweise kann man feststellen, wieviel Stärkelösung von 1 ccm Fermentlösung in jedem Falle abgebaut worden ist, und so die relativen Fermentmengen in verschiedenen Fermentlösungen ermitteln.

Die Wahl der Untersuchungsmethode des Mageninhaltes auf eiweißspaltende Fermente war schwierig. Zunächst konnten solche Versuche nur mit Preßsaft ausgeführt werden, wenn die Wirksamkeit der genannten Fermente unter den Verhältnissen, unter denen sie zur Zeit der Tötung des Versuchstieres gerade im Magen wirksam waren, studiert werden sollte. Ferner mußte berücksichtigt werden, daß im Magen des Pferdes außer Pepsin auch noch aus den Nahrungsmitteln durch die Flüssigkeit im Magen extrahierte Fermente wirken können. Da diese aber mit dem Pepsin zusammen und auch ohne dasselbe allein eine Eiweißverdauung bewirken können, mußte auch ihre Wirkung berücksichtigt werden. Die Anwendung einer der gebräuchlicheren Pepsinbestimmungsmethoden konnte also nicht in Frage kommen. Wir wählten deshalb als Maß für die Wirksamkeit der Proteolyse im Mageninhalt die Zunahme, die die im Preßsaft enthaltene Menge des unkoagulablen Stickstoffes bei bestimmter Aufenthaltsdauer bei Körpertemperatur erfuhr, verfahren also in ähnlicher Weise wie Aron und Klempin<sup>17)</sup> bei ihren Untersuchungen über proteolytische Nahrungsmittelfermente. Man brauchte also nur in einer quantitativ abgemessenen Menge des Preßsäftes den unkoagulablen N zu bestimmen, dieselbe Menge davon gleichzeitig in einen Thermostaten bei 40° einzustellen und dort eine bestimmte Zeit zu belassen. Dann mußte wieder die Menge des unkoagulablen N bestimmt werden. War eine Vermehrung desselben erfolgt, so zeigte dies einen durch Fermente erzeugten Eiweißabbau an, bewies also, daß in dem Teil des Mageninhaltes, aus dem der Saft genommen war, eine Eiweißspaltung stattgefunden hatte. Durch diese Methode wurde demnach festgestellt, ob proteolytisch wirksame Fermente im Mageninhalt zugegen waren. Über den Gehalt an Pepsin aber gab das Verfahren keine Auskunft. Die Bestimmung des Pepsingehaltes hätte für uns auch kein oder nur ein theoretisches Interesse gehabt. Uns kam es nur darauf an, festzustellen, ob und an welchen Stellen des Magens proteolytische Vorgänge ablaufen.

Zur Entfernung des koagulablen N bedienten wir uns der leichten<sup>18)</sup> Handlichkeit halber der Kaolinmethode von Rona u. Michaelis<sup>18)</sup>. Daß bei dieser Methode wohl auch ein kleiner Teil der unkoagulablen N-Verbindungen mitsamt den koagulablen niedergeschlagen wird, kommt für

17) Aron, H. u. Klempin, P., Studien über die proteolytischen Enzyme in einigen pflanzlichen Nahrungsmitteln. Biochem. Zeitschr. 1908, Bd. IX, S. 163.

18) Rona, P. u. Michaelis, L., Weitere Beiträge zur Methodik der Enteiweißung. Biochem. Zeitschr. 1907, Bd. V, S. 365.

unsere Versuche nicht störend in Frage, da wir ja nur Vergleichswerte haben wollten.

Wir verfahren also folgendermaßen:  $2 \times 10$  ccm des Preßsaftes wurden mit ca. 50 ccm Aq. dest. versetzt und der Lösung wenig Essigsäure zugesetzt. Darauf wurden in kleinen Portionen und unter häufigem Umschütteln 15 g Kaolinpulver hinzugegeben und dann vom Niederschlag auf einer Nutsche abgesaugt. In der erhaltenen klaren Lösung wurde der Stickstoffgehalt nach Kjeldahl ermittelt. Weitere  $2 \times 10$  ccm des Preßsaftes verblieben 12, andere 24 Stunden im Thermostaten bei  $40^\circ$  und wurden dann in gleicher Weise mit Kaolin behandelt und analysiert.

#### 4. Die Reaktionsverhältnisse des Mageninhaltes.

Das Studium der Reaktionsverhältnisse im Pferdemagen erfordert deshalb besonderes Interesse, weil das linke Magendrittel mit kutaner drüsenfreier Schleimhaut ausgekleidet ist, also für die Magensaftproduktion nicht in Frage kommt. Bei der Anfüllung des Magens während einer Mahlzeit wird diese linke Vormagenabteilung in erster Linie mit den abgeschluckten Bissen gefüllt, während der von früheren Mahlzeiten herstammende ältere Mageninhalt pyloruswärts gedrängt wird. Beweise hierfür werden wir später erbringen. Infolge der großen, zur Einspeichelung verwendeten Speichelmenge ist in der abgeschluckten Masse eine erhebliche Menge Alkali enthalten und man beobachtet somit eine gegen Lakmus alkalische Reaktion des neuen Inhaltes. Diese alkalische Reaktion bleibt solange bestehen, bis entweder durch den von der benachbarten Fundusdrüsenportion des Mageninhaltes vordringenden salzsauren Magensaft eine Neutralisation erfolgt ist, oder bis diese durch die im Futterbrei bald entstehende Kohlehydratgärung stattgefunden hat.

Beide das Auftreten saurer Reaktion verursachende Vorgänge beginnen gleichzeitig zu wirken und sind auch gleichzeitig an der Arbeit, erreichen aber infolge des erwähnten anatomischen Baues in den verschiedenen Abschnitten zu verschiedener Zeit ihr Ziel. Sehr wesentlich ist hierbei auch die Menge und der Wassergehalt des Mageninhaltes beteiligt

Ellenberger und Hofmeister, sowie ihr Schüler Goldschmidt haben diese Verhältnisse eingehend erforscht und dabei folgende wichtige Punkte festgestellt. Ganz im Anfang der Verdauung ist der Inhalt des ganzen Magens alkalisch, dann tritt als alleinige Säure zunächst Milchsäure, danach Salzsäure auf. Die Salzsäure tritt zunächst in der Fundusdrüsenportion auf, ist zuerst nur an der Oberfläche nachweisbar und dringt von dort aus in den Inhalt ein, verbreitet sich aber auch in dem übrigen Inhalt. In den höher dorsal gelegenen Teilen der Vormagen- und Fundusdrüsenabteilung fanden die genannten Autoren Salzsäure nicht oder nur spurenweise. Mit dem Ansteigen des Salzsäuregehaltes sinkt der Milchsäuregehalt, doch ist, wenn einmal saure Reaktion erreicht ist, während der ganzen Verdauung im ganzen Mageninhalt stets Milchsäure zugegen. Auf der Höhe der Verdauung muß man nach Ellenberger und Hofmeister demnach drei Portionen des Mageninhaltes unterscheiden, eine Milchsäureportion in der Vormagenabteilung, eine ebensolche im Antrum pylori und eine dazwischen liegende Salzsäure-

Was die zeitlichen Verhältnisse anlangt, so ist bei reiner Haferfütterung  $\frac{1}{2}$  Stunde nach der Mahlzeit schon die erste Hälfte, nach 1 Stunde schon der ganze Mageninhalt sauer. Bei Maisfütterung fanden wir den gemischten Inhalt der drei Magendrittel in der ersten halben Stunde nach der Mahlzeit noch alkalisch. Dann beobachteten wir saure Reaktion zunächst in der mittleren Fundusdrüsenportion, hierauf in der rechtsseitigen Pylorusportion und endlich in der linksseitigen Vormagenabteilung.

Diese Befunde waren stets an Tieren gemacht, die vor der Versuchsmahlzeit solange gehungert hatten, bis ihr Magen leer war, und außerdem hatte die Versuchsmahlzeit immer nur

19) Ellenberger u. Hofmeister, *daunungssäfte des Pferdes. Arch. f. wissenschaft. u. prakt. Tierheilk.* 1886, Bd. XII, S. 345.

aus einem einzigen Futtermittel bestanden. Deshalb haben wir bei der neuen großen Versuchsreihe mit normaler gemischter Fütterung den Reaktionsverhältnissen besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Es zeigte sich dabei, daß der Mageninhalt im allgemeinen durchgängig sauer reagiert und daß hierin nur nach den großen aus Hafer und Häcksel bestehenden Tagesmahlzeiten eine übrigens keineswegs regelmäßige Änderung derart eintritt, daß, etwa bis 1 Stunde nach Beginn derselben, der Inhalt der Vormagenabteilung, der aus Bestandteilen der neuen Nahrung besteht, alkalische oder neutrale Reaktion aufweist (vgl. Tabelle 1, S. 18).

Die in dem von der Drüenschleimhaut bedeckten Magenteil ruhenden Massen reagierten immer sauer. Das kann wundernehmen, da sie sich zum Teil aus älteren Inhaltmassen zusammensetzen. Von Interesse ist, daß die Aufnahme der Heuration eine sich auf längere Zeit nachher erstreckende Reaktionsänderung unerwartet, da Heu beim Kauen, Einspeicheln und Abschlucken mit der 4—5fachen Menge seines Gewichtes von alkalischem Speichel vermischt wird.

Offenbar setzt die Milchsäuregärung auch in dem neu aufgenommenen Inhalt sehr schnell ein, so daß die ursprünglich alkalische Reaktion bald verdeckt wird.

## 5. Gewicht des Mageninhaltes und Fassungsvermögen des Pferdemagens.

Der Magen des Pferdes ist seit langem in Hinblick auf die Größe des Tieres und den gewaltigen Enddarm als „klein“ bezeichnet worden. Unter Berücksichtigung dieser „Kleinheit“ des Pferdemagens und aus der Tatsache, daß selbst bei relativ kleinen Mahlzeiten ein teilweiser Übertritt derselben in den Darm noch vor ihrer Beendigung zu konstatieren war, hat sich die Annahme verbreitet, daß der Pferdemagen infolge seines

geringen Fassungsvermögens nicht imstande sei, eine volle Mahlzeit aufzunehmen.

Unsere umfangreiche Versuchsreihe (vgl. Tabelle 1) führt zu einer anderen Anschauung, die auch mit den rein anatomischen Befunden in besserem Einklang steht. Die Anatomen lehren, daß der Pferdemagen 8—15 l zu fassen vermag<sup>20)</sup>, und in guter Übereinstimmung hiermit fanden wir in den Mägen nicht allzulange nach der Mahlzeit getöteter Tiere Inhaltmengen von 6—15 kg. In den meisten Fällen waren die Gewichte recht beträchtlich (9—10 kg und mehr), so daß man annehmen muß, daß die Mägen ihrem maximalen Fassungsvermögen entsprechend gefüllt waren.

Die vorgefundenen Inhaltmengen können, wie eine einfache Überlegung lehrt, nicht von einer einzigen Mahlzeit, in unserem Falle also der ersten Morgenmahlzeit, herrühren.

Wie in unserem Institute und von früheren ~~Nicht~~ zur Folge hat. Dies Lasseigne<sup>21)</sup> und Colin<sup>22)</sup> ebenfalls festgestellt worden ist, sezerniert das Pferd beim Fressen von Hafer die doppelte Gewichtsmenge des Hafers an Speichel<sup>23, 24)</sup>. Wird dem Hafer Häcksel beigemischt, so vergrößert sich infolge des rauhen, trockenen Häcksel die zur Einspeichelung der Nahrung verwendete Speichelmenge beträchtlich. Auf Grund eines Versuches von Scheunert und Illing<sup>25)</sup> können wir die beim

20) Ellenberger u. Baum, Handb. d. vergl. Säugetiere, 13. Aufl., S. 433. Berlin 1912.

21) Lasseigne, Recherches sur les quantités des fluides salivaires etc. Journal de chim. méd. 1845.

22) Colin, Traité de la Physiologie comparée des animaux 1886, Tome I, S. 664.

23) Tiere 1890, I. Teil, S. 511.

24) Ellenberger u. Hofmeister, Über die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes. Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. 1881, Bd. VII, S. 34.

25) Scheunert u. Illing, Ein Beitrag zur Kenntnis der Größe der Speichelsekretion und ihrer Abhängigkeit von der physikalischen Beschaffenheit der Nahrungsmittel. Zentralbl. f. Physiologie 1906, Bd. XIX Heft 23.

**Tabelle I.**  
**Reaktion und Gewicht des Mageninhaltes;**  
**Fassungsvermögen des Magens.**

Beginn des Versuches in allen Fällen 4 Uhr morgens.						
No.	Zeit der Tötung. Ende des Versuches	Reaktion in			Gewicht des Magen- inhaltes	Trocken- substanz des Magen- inhaltes
		P. oeso- p	Fundus-	P. py- lorica		
16	4 Uhr früh nüch- tern	sauer	sauer	sauer	7 050	2 343
4 Uhr morgens: Erste Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel.						
1	4 Uhr 45 Min.	alkalisch	sauer	sauer	6 690	2 166
2	5 „	am Rande alkalisch, Mitte sauer				
		do.	do.	do.	13 730	4 418
3	5 „	do.	do.	do.	8 660	2 531
17	5 „	do.	do.	do.	9 780	2 879
5 Uhr: Getränkaufnahme.						
4	Sofort nach dem Tränken	neutral	schw.sauer	schw.sauer	11 850	2 243
21	5 Uhr sof. n. d.Tr.	do.	do.	neutral	8 810	2 136
22	5 „ „ „ „	alkalisch	sauer	sauer	10 600	2 494
23	5 „ „ 10 Min.	sauer	do.	do.	12 150	3 574
24	5 „ „ 10 „	do.	do.	do.	9 900	2 184
5	5 „ „ 20 „	neutral	do.	do.	4 750	1 123
6	5 „ „ 20 „	do.	do.	do.	14 500	3 657
25	5 „ „ 30 „	sauer	do.	do.	9 820	2 554
7	5 „ „ 45 „	neutral	do.	do.	9 180	1 836
26	5 „ „ 45 „	sauer	do.	do.	6 910	1 420
27	5 „ „ 45 „	do.	do.	do.	12 450	2 949
8	6 „	do.	do.	do.	6 010	1 892
9	6 „	do.	do.	do.	9 360	2 397
28	6 „	do.	do.	do.	15 550	3 051
6 Uhr: Heuration = 750 g Heu.						
10	6 Uhr 45 Min.	sauer	sauer	sauer	5 930	1 661
11	6 „ 45 „	do.	do.	do.	6 705	1 804
12	7 „	neutral bis sauer	do.	do.	10 200	3 328
13	9 „	sauer	do.	do.	7 280	1 843
18	9 „	do.	do.	do.	9 330	2 886
14	11 „	do.	do.	do.	4 075	1 879
12 Uhr mittags: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel.						
15	1 Uhr } ohne Mit-	sauer	sauer	sauer	4 480	1 253
19	1 „ } tagemahlzeit	do.	do.	do.	2 270	660
20	1 Uhr	Rand neu- tral, Mitte alkalisch	sauer	sauer	8 620	2 601

Fressen von 1500 g Hafer und 200 g Häcksel sezernierte Speichelmenge berechnen. Sie wird danach ca. 4800 g betragen. Rechnet man nun hierzu die 1700 g betragende Futtermenge, so wird man annehmen müssen, daß die bei einer solchen Versuchsmahlzeit in den Magen gelangten Massen ca. 6500 g wiegen können. Betrachten wir die Gewichte der Mageninhalte, so sehen wir, daß diese bei den für diese Betrachtungen in erster Linie in Frage kommenden Pferden 1—9, 17, 21—29 zum Teil viel größer als die theoretisch berechneten sind, ja sogar dieselben bei einigen Tieren um das doppelte übersteigen.

Es kann somit die Anschauung, daß eine Entleerung des Pferdemagens infolge seiner geringen Kapazität schon während der Mahlzeit erfolgen müsse, nicht richtig sein. Für die andererseits zweifellos dann schon stattfindende Entleerung des Magens müssen andere Gründe maßgebend sein, die in der eigenartigen mechanischen Funktion des Pferdemagens zu suchen sind. Von dieser wissen wir aus den Untersuchungen von Ellenberger, Goldschmidt<sup>26)</sup> und Scheunert<sup>27)</sup>, daß stets ein Teil der aufgenommenen Nahrung entlang der kleinen Krümmung zum Pylorus geschoben wird, also den Magen auf dem direktesten Wege durchwandert, während die Hauptmengen sich besonders in den kardialen Magenteilen anhäufen. Wir müssen aus den vorstehenden Betrachtungen weiter schließen, daß bei unseren Versuchstieren stets außer den neu aufgenommenen Nahrungsanteilen auch noch Reste früherer Mahlzeiten im Magen zugegen sein müssen. Dies geht aus der Betrachtung der Trockensubstanzgehalte hervor. Die Versuchsmahlzeit von 1500 g Hafer und 200 g Häcksel besaß durchschnittlich 1475 g Trockensubstanz. Wir sehen aber aus

26) Goldschmidt, Harald, Die Magenverdauung des Pferdes. Zeitschr. f. physiolog. Chemie 1886, Bd. VII, S. 361 und Kgl. Sächs. Veterinärbericht 1887, S. 114.

27) Scheunert, Zum Mechanismus der Magenverdauung. Pflügers Arch.,

der Tabelle, daß die Trockensubstanz des Mageninhaltes diese Menge fast durchgängig weit übersteigt.

Selbst wenn wir annehmen würden, daß eine beträchtliche Gewichtsvermehrung durch die Sekretion großer Speichel- und Magensaftmengen und durch Zurückbleiben erheblicher Getränkmengen nach dem Trinken im Magen veranlaßt worden wäre, so könnte hierdurch eine so beträchtliche Vergrößerung des Trockensubstanzgehaltes, wie es die Tabelle angibt, nicht hervorgerufen werden. Mehr wie  $1-1\frac{1}{2}\%$  Trockensubstanz dürfte der Pferdema-gensaft keineswegs enthalten. Dasselbe gilt auch vom Speichel.

Wir müssen also schließen, daß die neu aufgenommene Nahrung stets noch Reste alter Mahlzeiten im Magen antrifft und diese nur soweit aus dem Magen verdrängt, als es das eigene Volumen und die Magenkapazität erfordern, wobei aber gleichzeitig auch Teile der neuen Mahlzeit den Magen entlang der kleinen Krümmung verlassen. In der Tat zeigen die Mageninhaltsgewichte der in späteren Verdauungsstunden getöteten Tiere, daß bei den innegehaltenen normalen Fütterungszeiten niemals eine völlige Entleerung des Magens zustande kommt. 7 Stunden nach der Heumahlzeit und 9 Stunden nach der Morgenmahlzeit fanden wir noch 4480 und 2270 g Mageninhalt bei einem 10 Stunden nach der Abendmahlzeit, also direkt vor der ersten Morgenmahlzeit getöteten Tiere sogar 7050 g.

Schon Ellenberger und Hofmeister<sup>28)</sup> haben die lange Dauer der Magenverdauung des Pferdes erkannt. „Dieselbe dauert von einer Mahlzeit bis zur anderen. Der Magen enthält noch Futtermassen von der vorhergehenden Mahlzeit, wenn die neue beginnt. Wenn keine neue Futteraufnahme erfolgt,

28) Ellenberger u. Hofmeister, Über die Verdauung und die Verdauungssäfte des Pferdes. Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilk 1886, Bd. XII, S. 347.

währt die Magenverdauung außerordentlich lange, dann findet man nach 24 Stunden noch Futter im Magen.“

Der Magen des normal gefütterten Pferdes wird also niemals leer, woraus wir schließen müssen, daß er sich auch dauernd im tätigen Zustande, sowohl was mechanische Funktionen als Bildung und Absonderung von Magensaft anlangt, befindet.

Für die Beurteilung der Sekretion und Mechanik des Pferdema-gens ist diese Tatsache von größter Bedeutung. Ein wirkliches Ruhe-stadium des Magens, wie es beim Menschen und Karnivoren die Regel ist, kann beim Pferde nicht bestehen. Dauernd muß eine Magensaft-sekretion ablaufen, dauernd also müssen andere als psychische Reize er-regend auf die Magensaftdrüsen einwirken. Man geht wohl nicht fehl, wenn man hierbei besonders an die chemische Erregung der Magensaft-absonderung durch vom Verdauungstraktus aufgesaugte Produkte und Hormone denkt, auf deren große Bedeutung für die Magensaftsekretion durch die Untersuchungen von Edkins<sup>29)</sup> und vor allem von Bickel<sup>30)</sup> und seinen Mitarbeitern in neuester Zeit hingewiesen worden ist.

Die nahen Beziehungen, die zwischen den Funktionen der beiden anatomisch so verschiedenartig erscheinenden Herbivorenmagentypen, dem einhöhligen (Pferd) und dem mehrhöhligen (Wiederkäuer), bestehen, treten uns hierdurch noch näher. Schon früher hat der eine von uns<sup>31)</sup> gezeigt, daß zwischen dem Ablauf der Eiweißverdauung bei beiden Magentypen gewisse Ähnlichkeiten bestehen. Bezüglich der Sekretion und des Mecha-nismus müssen wir ähnliche Analogien annehmen. Auch beim Wieder-käuer wird der Magen niemals leer, die Sekretion ist eine dauernde<sup>32)</sup> und dauernd finden auch die Bewegungen des Magens statt.

Offenbar sind die Anforderungen, die infolge der Eigenartigkeit der Nahrung an den Magen der Herbivoren gestellt werden, viel schwie-riger zu erfüllen, als beim Karnivoren, so daß derselbe, was Sekretion, Mechanik und die hiervon abhängigen Verdauungsvorgänge anlangt, viel schwerere Arbeit zu leisten hat.

29) Edkins u. Tweedy, The natural channels of Absorption evoking the chemical Mecanisme of gastric secretion. Journal of physiol. 1909, Vol. XXXVIII, S. 263.

30) Bickel, Eisenhardt, Emsmann u. a., Intern. Beitr. zu Path. u. Therapie der Ernährungsstörungen, Bd. I—III.

31) Scheunert, A., Vgl. Studien über den Eiweißabbau im Magen. Otto Wallach-Festschrift, S. 628. Göttingen 1909.

32) Belgowski, J., Ein Beitrag zur Lehre von der Labmagen-verdauung der Wiederkäuer. Pflügers Arch. 1912, Bd. CXLVIII, S. 319.

### 6. Mechanik der Magenfüllung.

Es erwächst aus den Betrachtungen über die Anwesenheit der Anteile verschiedener Mahlzeiten im Magen des normal gefütterten Pferdes die Notwendigkeit, die Anfüllungsverhältnisse des Pferdemagens mit neuer Nahrung, wie es bei unseren Versuchen der Fall war, auch experimentell zu studieren.

Die Anfüllung des leeren Pferdemagens ist zuerst vor 30 Jahren in unserem Institute durch Ellenberger und Goldschmidt<sup>33)</sup>, in neuerer Zeit durch den einen von uns in ausführlicher Weise studiert worden<sup>34)</sup>.

Es hat sich dabei herausgestellt, daß bei Verabreichung verschiedener Futtermittel hintereinander eine Schichtung der Futtermassen im Magen eintritt und noch stundenlang während der Verdauung besteht. Bei der Anfüllung des Magens breiten sich die in ihn hineingepreßten Massen fächerartig aus und füllen ihn unter Ausbreitung und Dehnung seiner Wände langsam an. Die später eintretenden Anteile drängen dabei die älteren mehr oder weniger pyloruswärts und besonders entlang der großen Kurvatur vorwärts. Zugleich aber gehen stets Anteile entlang der kleinen Kurvatur zum Pylorus und treten, ohne daß sie überhaupt oder ohne daß sie längere Zeit der Magenverdauung unterlegen haben, in den Darm über. Hieran ist, wie oben ausführlich klargelegt ist, nicht das angeblich zu geringe Fassungsvermögen schuld, der Übertritt beginnt auch gleich zu Anfang der Anfüllung des leeren Pferdemagens, wie auch der Verlauf der Schichtung in Fig. 1 zeigt.

Die größte Quantität gelangt zunächst immer in den kardiaseitigen Abschnitt, rückt von dort zur Magenmitte und

33) Ellenberger, Handbuch d. vergl. Physiologie, — Goldschmidt, H., Die Magenverdauung des Pferdes. Zeitschr. f. physiol. Chemie 1886, Bd. VII, S. 361. — Ellenberger, Zum Mechanismus der Magenverdauung. Pflügers Arch. 1906, Bd. CXIV, S. 93.

34) Scheunert, A., Zum Mechanismus der Magenverdauung. Ebenda 1906, Bd. CXIV, S. 64.

drängt das alte Futter pyloruswärts fort. Durch diese von der Eintrittsstelle des Ösophagus aus nach allen Seiten hin erfolgende Vorwärtsbewegung wird es bewirkt, daß bei der nacheinander erfolgenden Aufnahme verschiedener Futtermittel diese sich übereinander schichten, und daß die Schichten links (kardiaseitig) am mächtigsten sind und nach rechts (pylorusseitig) an Mächtigkeit abnehmen. Die beigegebene Abbildung erläutert dieses Verhalten.

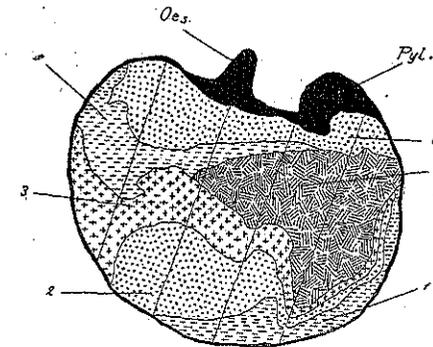


Fig. 1. Längsschnitt durch den gefrorenen Magen eines Pferdes, 1. 750 g Hafer, 2. 500 g blaugefärbten Hafer, 3. 500 g rotgefärbten Hafer, 4. 300 g Heu, 5. 400 g ungefärbten Hafer und 6. 400 g blaugefärbten Hafer verzehrt hatte und 1 Stunde nach Beendigung der Mahlzeit getötet worden war.

Es war von Interesse festzustellen, wie sich beim normal gefütterten Pferde die eintretenden neuen Nahrungsmengen im Magen anordnen würden, da dieser stets noch Reste alter Mahlzeiten enthält. Hiergegen erhoben sich methodische Schwierigkeiten, da es mit Sicherheit nicht erwartet werden konnte, daß die älteren, ebenfalls aus Hafer, Häcksel und Heu bestehenden Mageninhaltsanteile, ohne weiteres von den neuen Nahrungsbestandteilen zu unterscheiden wären. Diese Schwierigkeit konnte aber dadurch überwunden werden, daß es gelang, die vor der Aufnahme der Nahrung noch im Magen befindlichen Inhaltsteile, sofern dieselben nicht mehr eine allzugroße Masse darstellten, zu färben, indem wir den Tieren gefärbtes Wasser reichten. Dieses pflegt sich, sofern der Magen nur wenig Inhalt enthält, mit diesem teilweise zu vermischen und ihn zu färben. Ist, was nach kurzer Zeit geschehen ist, das gefärbte Wasser entleert, so stellt der Mageninhalt eine gleichmäßig gefärbte Masse dar. Bei gut gefülltem Magen findet eine solche völlige Durchmischung mit

Tränkwasser nicht statt, wie wir später ausführlich dartin werden.

Für unseren speziellen Fall haben wir Pferd Nr. 41, nachdem es am Abend vorher seine letzte Ration erhalten hatte, mit grün gefärbtem Wasser getränkt und ihm 30 Min. später 1100 g Hafer-Häckselgemisch vorgelegt. Von diesem waren 750 g rot und 350 g gelb gefärbt. Im Anschluß hieran erhielt das Tier 750 g Heu und wurde 30 Min. nach Beendigung des Fressens getötet. Der Magen wurde exentriert und in Kältemischung nach dem Vorschlag von Grützner gefroren. Zur Beobachtung der Lagerung des Inhaltes wurde der Magen dann durchsägt und die Magenwand vom gefrorenen Inhalt abgezogen.

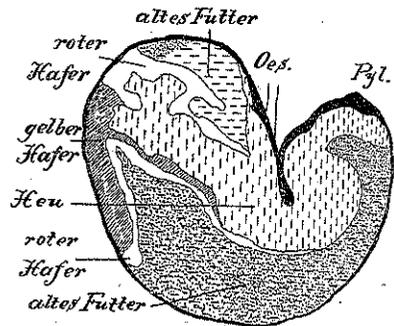


Fig. 2. Längsschnitt durch den gefrorenen Magen von Pferd 41. Die durch das Tränkwasser grün gefärbten Teile inhaltes sind punktiert.

Der Längsschnitt (Fig. 2) zeigte, daß zur Zeit des Tränkens der Magen noch mit einer ziemlich erheblichen Menge alter Futterreste gefüllt gewesen war, die die grüne Farbe des getrunkenen Wassers angenommen hatte und jetzt längs der großen Krümmung im Fundus und vor allem im Pylorusdrittel des Magens lagerte. Auf dieses alte Futter hatte sich der zunächst gereichte Hafer derart aufgeschichtet, daß er in einer dünnen Lage bis ins rechte Magendrittel den alten Inhalt überschichtete, hauptsächlich aber in der Vormagenabteilung gelagert war. Offenbar infolge der durch zurückgebliebenes Tränkwasser dünnbreiigen Beschaffenheit des alten Inhaltes hat dann das zuletzt aufgenommene Heu den Inhalt nicht lediglich überlagert, sondern ihn in der Vormagenabteilung auch auseinander gedrängt. Wie ein Keil hat sich dort die Heumasse in den

Inhalt hineingeschoben und dadurch sogar einen Teil des alten Futters in das blinde Ende hineingedrängt. Wir finden aber, daß sich auch die Heuschicht in der Richtung der kleinen Krümmung nach dem Pylorus zu erstreckt.

Im großen und ganzen ist also die Anfüllung in gleicher Weise erfolgt, wie es oben für den leeren Magen geschildert worden ist. Es findet eine Verschiebung des alten Inhaltes in der Richtung der großen Krümmung nach dem Pylorus zu unter gleichzeitiger Überschichtung desselben bei größter Anhäufung der neuen Futtermittel in der linken Magenhälfte statt. Die Erfahrungen, die wir bei anderen später zu schildernden ähnlichen Versuchen gemacht haben, bestätigen diese Anschauung vollkommen.

### 7. Wassergehalt des Mageninhaltes.

Über den Wassergehalt des Inhaltes des Pferdemagens liegen zahlreiche ältere Angaben aus unserem Institute von Ellenberger und Hofmeister, Goldschmidt, Tangl, Scheunert, Grimmer und Rosenfeld vor. Danach beträgt er bei mit Hafer oder Mais gefütterten Pferden, die nach der Mahlzeit geruht haben, etwa 65—70%. Bei Bewegung steigert sich dieser Wassergehalt auf 70—80%. Bei Heufütterung hingegen weist der Mageninhalt einen beträchtlichen Wassergehalt von 75—80% auf.

Ebenso haben die Pferde 1, 2, 17, 3, die sofort und kurze Zeit nach der aus Hafer und Häcksel bestehenden Morgenmahlzeit getötet wurden, einen Wassergehalt von 67,6 bis 70,8% im Mageninhalt. Er entspricht zwar den oben angegebenen Mittelwerten ziemlich gut, überschreitet aber bei den Pferden 3 und 17 die oberste Grenze doch um ein geringes. Wir glauben nicht, daß hier ein Zufall vorliegt, sondern sind der Meinung, daß der Wassergehalt bei allen vier Tieren durch-

schnittlich etwas höher ist und infolge der innegehaltenen Fütterung auch höher sein muß als die Mittelzahlen.

Außer in der Anwesenheit wasserreicherer älterer Inhaltsanteile, die zum Teil aus Heu, was an sich schon einen wasserreicheren Inhalt bedingt, bestehen mögen, ist die Ursache hierfür auch darin zu suchen, daß die Mahlzeit in unserer Versuchsreihe neben Hafer aus Häcksel bestand, einer Futtermischung, deren Trockenheit auch eine größere Speichelabsonderung zur Folge hat, als sie bei alleiniger Haferfütterung beobachtet wird.

Besonderes Interesse beanspruchen die Pferde, welche nach der Getränkeaufnahme und vor der Heufütterung getötet worden sind, da man auf Grund des Wassergehaltes des Mageninhaltes Schlüsse auf das Verhalten und die eventuelle Verweildauer der getrunkenen Wassermengen im Magen ziehen können. Hierzu sind einige zunächst unbewiesene Voraussetzungen nötig. Nehmen wir an, daß der Trockensubstanzgehalt des Mageninhaltes vor und nach dem Tränken nahezu gleich ist, eine nennenswerte Ausschwemmung von Inhalt durch das Tränkwasser also nicht erfolgt, und daß der Wassergehalt des Mageninhaltes der getränkten Tiere vor dem Tränken wie bei den Pferden 3 und 17 ca. 70% betragen habe, so sehen wir aus der Tabelle 2 (Stab 5—7), daß im Mageninhalt der getränkten Pferde fast durchgängig mehr Wasser enthalten ist, als man annehmen sollte. Aber man sieht auch weiter, daß trotzdem ein großer Teil des Wassers sofort entleert worden sein muß, denn selbst bei den sofort nach dem letzten Schluck getöteten Tieren ist nie mehr die ganze Menge Tränkwasser im Magen vorhanden (Tabelle 2, Stab 4—7).

Bezüglich der Entleerung scheinen sich die Pferde etwas verschieden zu verhalten, indem wahrscheinlich nach der individuellen Eigenart bei dem einen länger als bei dem anderen Reste des Tränkwassers im Magen verbleiben. Z. B. verhalten

Tabelle 2.

Wassergehalt des Mageninhaltes.

Beginn des Versuches in allen Fällen: 4 Uhr morgens.										
No.	Ende des Versuches (Zeit der Tötung)	Gewicht des Magen- inhaltes	Ge- trunkene Wasser- menge	Wasser- gehalt des Magens	Theo- retisch berech- neter Wasser- gehalt	Menge der Diffe- renz	Prozentgehalt des Wassers			
							Ges. Magen- p.	oso- phage p.	Fundus- portion	P. py- lorica
16	4 Uhr morgens nüchtern	7 050	—	4 707	—	—	66,8	61,6	69,9	75
4 Uhr morgens: Erste Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel.										
1	4 Uhr 45 Min.	6 690	—	4 524	—	—	67,6	64,9	67,8	74,5
2	5 „	13 730	—	9 312	—	—	67,8	65,8	67,8	79,9
3	5 „	8 660	—	6 129	—	—	70,8	66,6	71,5	79,8
17	5 „	9 780	—	6 901	—	—	70,6	65,8	70,8	75
5 Uhr: Getränkeaufnahme.										
4	Sofort nach dem Tränken	11 850	nicht erm.	9 607	5 700	3 907	81,7	78,5	81,6	78,4
21	5 Uhr sofort n. d. Tr.	8 810	3 500	6 674	4 984	1 690	75,8	83,8	63,5	56,9
22	5 „ „ „	10 600	3 000	8 106	5 819	2 287	76,5	75,5	77,1	78,5
23	5 „ „ 10 Min.	12 150	3 500	8 576	8 338	238	70,6	66,6	71,8	87,8
24	5 „ „ 10 „	9 900	5 500	7 716	5 095	2 621	77,9	71,2	81,8	81,9
5	5 „ „ 20 „	4 750	6 000	3 627	2 620	1 007	76,4	73,6	77,1	80,3
6	5 „ „ 20 „	14 500	6 250	10 843	8 533	2 310	74,8	69,8	79,1	82,5
25	5 „ „ 30 „	9 820	4 000	7 266	5 958	1 308	74	66,2	76,6	82,2
7	5 „ „ 45 „	9 180	nicht erm.	7 344	4 283	3 061	80	76,2	80,9	81,3
26	5 „ „ 45 „	6 910	6 000	5 496	3 313	2 183	79,5	—	—	—
27	5 „ „ 45 „	12 450	5 000	9 501	6 880	2 621	76,3	72,1	80,0	80,8
8	6 „ „	6 010	3 750	4 118	4 414	—	68,5	65,6	68,5	77,2
9	6 „ „	9 360	3 000	6 963	5 592	1 371	74,4	68,6	71,3	78,7
28	6 „ „	15 550	12 500	12 499	7 118	5 381	80,4	76,6	81,1	85,8
6 Uhr: Heuration: 750 Heu.										
10	6 Uhr 45 Min.	5 930	2 500	4 269	—	—	72	68	73	79
11	6 „ 45 „	6 705	2 250	4 901	—	—	73,1	69,4	74	79
12	7 „ „	10 200	3 000	6 972	—	—	68,4	64,2	71,4	75,8
13	9 „ „	7 280	10 000	5 437	—	—	74,7	75,9	69,9	79,3
18	9 „ „	9 330	7 000	6 444	—	—	69,1	65,6	70,9	77,7
14	11 „ „	4 075	8 000	2 916	—	—	71,5	64,0	74,0	77,4
15	1 Uhr	4 480	4 500	3 227	—	—	72,0	68,4	73,3	78,5
19	1 „ ohne Mit- tagsmahlzeit	2 270	6 000	1 610	—	—	70,9	64,3	77,2	77,4
12 Uhr mittags: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel.										
20	1 Uhr	8 620	2 500	6 019	—	—	69,8	63,4	70,4	75,1

sich die drei 1 Stunde nach der Wasseraufnahme getöteten Tiere höchst verschieden. Bei Nr. 8 ist der Wassergehalt zur Norm zurückgekehrt, bei 9 besteht noch eine geringe Erhöhung, bei 28 ist die im Magen verbliebene Wassermenge noch sehr beträchtlich. Die sich bei der Diskussion dieser Versuche aufwerfenden, für Theorie und Praxis gleich wichtigen Fragen werden wir in einem folgenden Abschnitt noch ausführlich erörtern und vor allem auch auf das Verhalten des Tränkwassers beim Durchtritt durch den Magen eingehen und dabei auch die für die durchgeführte Berechnung gemachten Voraussetzungen zu beweisen suchen. Hier genügt es festzustellen, daß offenbar im Gefolge der Getränktaufnahme eine mehr oder weniger andauernde Erhöhung des Wassergehaltes des Mageninhaltes eintritt. Diese darf nicht als beträchtlich bezeichnet werden, da der Mageninhalt des Pferdes auch ohne vorheriges Tränken, z. B. bei Körperbewegung und im Gefolge von Heufütterung einen ebenso hohen, bis 80% betragenden Wassergehalt besitzen kann.

Während der 1 Stunde nach dem Tränken erfolgenden Heumahlzeit dürfte der normale Trockensubstanzgehalt wieder erreicht werden. Vielleicht wird das auch dadurch begünstigt, daß die eintretende voluminöse Heumenge einen Übertritt des mehr oder weniger wasserreichen Inhaltes befördert. Der Wassergehalt von 68,4—74,7%, den wir nach der Heumahlzeit fanden, dürfte der Norm entsprechen, denn es muß berücksichtigt werden, daß Ellenberger und Hofmeister nach Heumahlzeiten 70—80% Wasser im Magen fanden. Außerdem fiel in diese Zeit die Bewegung der Tiere an der Longe. Wir glauben also nicht, daß nach der Heumahlzeit noch nennenswerte Mengen des von der Getränktaufnahme herrührenden Wassers im Magen unserer Versuchspferde zugegen gewesen sind. Nach der Mittagsmahlzeit (Pferd 20) fanden wir wieder einen Wassergehalt von 69,8%, wie es nach der aus Hafer und Häcksel bestehenden Mahlzeit nach den oben geschilderten früheren Befunden zu erwarten war.

## 8. Der Transport des Tränkwassers durch den Verdauungstraktus.

(Mitbearbeitet von Dr. R. Otto.)

Wir haben soeben zum ersten Male die Frage nach der Einwirkung des Tränkens auf die Verdauung gestreift, eine Frage, die für die Physiologie der Verdauung unserer Haustiere von außerordentlicher wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung ist. Es erschien uns deshalb von vornherein als einer der wichtigsten Teile unserer eingangs umgrenzten Aufgabe, diesen Einfluß des Tränkens auf die Magenverdauung genau zu studieren. In erster Linie galt es klar zu legen, in welcher Weise der Durchtritt des Tränkwassers durch den Magen erfolgt, ob eine Ausschwemmung oder Verdünnung, die beide die Magenverdauung schwer schädigen müßten, stattfindet, wie lange und wo sich das Wasser im Magen aufhält, wie es entleert wird und wie weit es in den Darmkanal eindringt? Endlich mußte der Chemismus der Magenverdauung untersucht werden, um Aufschlüsse darüber zu erlangen, ob eine Veränderung der im Magen ablaufenden Vorgänge durch das Tränken verursacht werden kann.

Wie so viele Fragen der Verdauungsphysiologie ist auch die Frage nach dem Verhalten des Tränkwassers im Magen zuerst an Haustieren, und zwar gerade an Pferden experimentell verfolgt worden. Neuere Untersuchungen haben sich auf Hund und Mensch erstreckt und die Kenntnisse, die wir von dem genannten Vorgang besitzen, stützen sich in der Hauptsache auf diese. Uns interessieren hier natürlich in erster Linie die Ergebnisse der an Pferden angestellten Versuche.

Es dürfte der früheste Versuch dieser Art auf Colemann zurückgeführt werden, den Gurlt in seinem Lehrbuch der vergleichenden Physiologie der Haussäugetiere (1847) schildert. Colemann ließ danach ein Pferd viel Wasser trinken und fand, daß dieses schon nach 6 Minuten durch den Pförtner und durch die dünnen Därme bis in den Blinddarm gelangt war. Gurlt selbst stellte auch Versuche an; er ließ einem Pferd 8 Pfund Heu und 32 Pfund Wasser geben und es einige Minuten nach dem Trinken

töten. Im Magen überhaupt fanden sich noch  $31\frac{1}{2}$  Pfund. Ein zweites Tier erhielt nach 12stündigem Fasten  $23\frac{1}{2}$  Pfund Wasser. Nachdem es „bald darauf“ getötet worden war, fanden sich neben einigen Pfund zerkautes Heues noch 7 Pfund Flüssigkeit im Magen. Einem dritten Pferde ließ Gurlt 2 Stunden vor dem Tode 2 Pfund Heu und 4 Pfund Hafer reichen und ihm  $30\frac{1}{4}$  Pfund Wasser zu trinken geben. Bei der Untersuchung fanden sich noch alle Nahrungsmittel, es fehlten aber 17 Pfund Wasser. Natürlich ist, wie auch Gurlt betont, die tatsächlich verschwundene Wassermenge eine viel größere gewesen, da der beim Kauen verschluckte Speichel und der Magensaft nicht mit in Anrechnung gebracht worden sind. Bedenkt man, daß beim ersten Pferd auf die 8 Pfund Heu allein mindestens 32 Pfund Speichel und beim dritten Pferd auf die genossene Nahrung  $4 + 16$ , also 20 Pfund Speichel ergossen worden sind, so wird das deutlich.

Später hat dann Colin<sup>33)</sup> ähnliche Versuche angestellt und ist zu gleichen Resultaten gelangt. Darüber aber, in welcher Weise dieser rasche Durchtritt von Wasser durch den Magen erfolgt, hat lange Zeit Unklarheit geherrscht. Colin dürfte auf Grund seiner Versuche zum ersten Male zu dieser Frage Stellung genommen haben. Er glaubt, daß in gewissen Fällen die Flüssigkeiten „sortent doucement par un courant dirigé du Cardia au Pylöre sur la petite courbure“, ohne Mageninhalt fortzuführen oder ihn zu verdünnen und seine Lagerung zu stören. In anderen Fällen hingegen sollen sich die Flüssigkeiten mit dem Mageninhalt völlig vermischen (ils en bouleversent toutes les parties et les retiennent en bouillie) und ihn mit sich fortführen.

Aus diesen älteren Versuchen geht zunächst mit Sicherheit hervor, daß mit der Getränkeaufnahme große Entleerungen des Magens Hand in Hand gehen und daß an diesen vor allem das getrunkene Wasser beteiligt ist. Die Notwendigkeit großer Entleerungen infolge der Getränkeaufnahme beim Pferde ist eigentlich selbstverständlich und ergibt sich schon daraus, daß die aufgenommene Getränkmenge in einem Mißverhältnis zu dem im Magen noch vorhandenen Raum steht. Man denke z. B. an ein Pferd, daß bei einem Magenvolumen von 10–15 l nach einer reichlichen Mahlzeit von 2 kg Hafer und 0,75 kg Heu, die nach dem Einspeicheln ungefähr ein Gewicht von 10 kg repräsentieren, 10, 12, ja 20 l Wasser trinken kann, also mehr als der Magen im leeren Zustande fassen kann. Dabei könnte natürlich auch ein Heraus-

33) Colin, *Traité de Physiologie comparée*, I, Paris 1871.

schwemmen und eine Verdünnung des Mageninhaltes durch das Tränkwasser, wie es Colin in gewissen Fällen annimmt, bewirkt werden.

Uns erschien letzteres von vorn herein wenig wahrscheinlich. Es ist kaum anzunehmen, daß beim Pferde der physiologische Akt der Wasseraufnahme eine Störung der Magenverdauung, die doch wieder eine Schädigung des Tieres bedeuten würde, nach sich ziehen konnte. Auch ist durch neuere Autoren an Hunden nachgewiesen worden, daß Wasser auch den vollen Magen rasch und so gut wie unvermischt mit Inhalt verläßt, eine Störung der Magenverdauung also nicht bewirkt. Würde dies in ähnlicher Weise auch beim Pferde stattfinden, so würde dies mit den oben wiedergegebenen Befunden Colins an einigen seiner Versuchstiere übereinstimmen.

Unsere oben geschilderten Befunde über den Wassergehalt und die Inhaltsgewichte bei unseren Versuchstieren sprechen weder für die eine noch für die andere Anschauung. Sie zeigen, daß wahrscheinlich ein großer Teil des Tränkwassers den Magen sehr rasch verlassen hat, daß aber eine nennenswerte Ausschwemmung von Inhalt dabei nicht stattgefunden haben kann, sonst könnten die Mägen der getränkten Pferde so große, die Trockensubstanzmenge der zuletzt genossenen Nahrung weit übersteigende Trockensubstanzmengen nicht mehr beherbergen (vgl. Tabelle 1, S. 18). Andererseits kann ein glattes Durchlaufen des Wassers durch den Magen auch nicht stattgefunden haben, denn sonst wäre die immerhin bis 1 Stunde nach dem Tränken bei der Mehrzahl der Tiere noch bestehende Erhöhung des Wassergehaltes unerklärlich.

Wir haben nun zunächst versucht durch Bestimmung des Wassergehaltes im Inhalte der drei durch Auskleidung mit verschiedener Schleimhaut charakterisierten Magenportionen

stimmten Stelle des Mageninhaltes ansammle. Es ist durch

frühere Untersuchungen festgestellt worden<sup>34)</sup>, daß der Wassergehalt an den verschiedenen Stellen des Mageninhaltes ganz charakteristische Unterschiede aufweist. Am geringsten ist der Wassergehalt der ösophagealen Vormagenabteilung, am höchsten der der Pylorusportion, während der der Fundusportion in der Mitte steht. Wesentliche Abweichungen von diesen Regelmäßigkeiten zeigen auch unsere neuen Versuchspferde nicht, wie Tabelle 2 (S. 27) lehrt, immerhin kann man aus den Zahlen wichtige Hinweise entnehmen. Das vor der ersten Morgenmahlzeit getötete Pferd und die 4 nach derselben und vor dem Tränken getöteten Tiere verhalten sich ganz so, wie der eine von uns früher<sup>34)</sup> gefunden hatte. Die Pferde 4 und 21, die sofort nach dem letzten Schluck getötet worden waren, weisen aber eine andere Verteilung des Wassers im Mageninhalte auf. Bei Pferd 4 ist der größte Wassergehalt in der Fundusportion, bei Pferd 21 in der Vormagenabteilung zu finden, man geht wohl nicht fehl, hierin einen Ausdruck der Anhäufung noch nicht entleerter Tränkwasseranteile in den genannten Magenabschnitten zu erblicken, worauf auch der hohe Wassergehalt des Inhaltes hinweist. Beim ebenfalls sofort getöteten Pferd Nr. 22 sind solche Unterschiede nicht zu finden, sie sind also offenbar zufälliger Art und nicht etwa dadurch bedingt, daß sich das aufgenommene Wasser vor der Entleerung in einem bestimmten Teil des Magens ansammelt. Auch bei den folgenden, später nach der Wasseraufnahme getöteten Pferden ist die Verteilung des Wassers eine ganz regelmäßige: „links“ im Magen ist sie am niedrigsten, höher in der Mitte und „rechts“ am höchsten. Wenn wir fragen, ob trotzdem die Zahlen nicht einen Anhalt dafür bieten, wo sich der Überschuß an Wasser, welchen der Mageninhalt in den meisten Fällen enthält, befindet, so ist zu sagen, daß nach Vergleich mit den entsprechenden Zahlen von Pferd 1, 2, 3, 17 offenbar eine Erhöhung des Wassergehaltes aller drei Abteilungen statt-

34) Scheunert, A., Über den Einfluß der Körperbewegung auf die Verdauung des Pferdes. Pflügers Arch. 1905, Bd. CLX, S. 160.

gefunden hat. Daß eine oder die andere Magenabteilung davon mehr als die andere betroffen worden sei, kann man aus den Zahlen nicht ersehen.

Auch nach der Heumahlzeit bestehen die geschilderten Gesetzmäßigkeiten der Wasserverteilung.

Wir können also hieraus unsere schon oben erhobenen Befunde, daß ein Teil des Tränkwassers noch einige Zeit im Magen zurückbleibt, dahin ergänzen, daß sich dieser Teil offenbar im ganzen Magen verteilt. Hingegen können wir nicht sicher behaupten, daß eine wirkliche Vermischung und Verdünnung des Mageninhaltes stattfindet. Hierüber kann ein Aufschluß nur durch makroskopische Untersuchung des in seiner ursprünglichen Lagerung befindlichen Mageninhaltes erlangt werden. Eine solche Untersuchung haben wir dadurch möglich gemacht, daß wir den Tieren gefärbtes Wasser als Getränk verabreichten und dann bei der Entleerung die Färbung des Inhaltes betrachteten. Diese Versuche hatten überraschend gute Ergebnisse. Das zur Färbung verwandte Malachitgrün störte die sonst so empfindlichen Pferde beim Trinken nicht und färbte sämtliche Inhaltsteile von Magen und Darm, mit denen es in Berührung kam, so deutlich, daß man stets sah, wo überhaupt Tränkwasser gewesen war. Ferner war aber dadurch auch die erwünschte Gelegenheit geboten, festzustellen, bis zu welchen Abschnitten des Darmes das aus dem Magen entleerte Wasser vorgedrungen war. Wir beobachteten nun, daß bei den so getränkten Tieren stets die ganze Oberfläche des Mageninhaltes grün gefärbt und daß die grüne Farbe nur einige Zentimeter tief in die Inhaltsmasse eingedrungen war. Ferner zeigte sich meist eine vollständige Grünfärbung des Inhaltes des Antrum pylori, im übrigen war die Schichtung im Mageninhalt scheinbar unverändert.

Diese Beobachtungen waren die Veranlassung, genauere Versuche anzustellen, an denen sich der damalige Institutsassistent Dr. Otto beteiligt hat.

Die Methodik\*) war nach dem Vorstehenden vorgezeichnet. Zur Darstellung des Wasserweges durch den Magen wurden die nach der Tötung der Tiere sorgfältig und sehr vorsichtig unter Vermeidung jeglichen Druckes exenterierten Mägen in Kältemischung gefroren, also derselbe Weg beschritten, den Grützner<sup>35)</sup> zuerst gewiesen hat. Zur Feststellung der Länge der Darmabschnitte, die das getrunkene Wasser durchgeilte hatte, wurde der Dünndarm in meterlangen Abschnitten unterbunden. Durch den gefüllten gefrorenen Magen wurden dann Längs- und Querschnitte angelegt, sowie nach Abziehen der Magenwand die Oberfläche des Mageninhaltes und die Magenschleimhaut betrachtet. Von den sich dabei ergebenden Bildern wurden getreue Pausen aufgenommen. Diese liegen den dieser Abhandlung beigegebenen Abbildungen zugrunde.

Diese Versuche beanspruchen gerade beim Pferde infolge der besonderen anatomischen Einrichtungen speziell in Hinblick auf die von allen Haustieren beim Pferde am mächtigsten entwickelte, unter dem Namen hufeisenförmige Schlinge oder Kardiamuskelschleife bekannte Partie der inneren Schrägmuskulatur des Magens besonderes theoretisches Interesse. Der eine von uns hat hierüber an anderer Stelle, auf die hiermit verwiesen sei, ausführlich berichtet<sup>36)</sup>.

Zunächst interessierte uns die Frage, wie sich das entsprechend unserer Futterfolge etwa 20—30 Min. nach beendeter Mahlzeit getrunkene Wasser im Magen verhält. Wir gingen dabei so vor, daß wir die Pferde mit Hafer und Heu fütterten, 20—30 Min. später unter Bemessung der Wassermengen nach bestimmten Gesichtspunkten tränkten und dann sofort oder nach längerer Zeit töteten.

Pferd Nr. 29 erhielt wie üblich die erste Morgenmahlzeit aus 1500 g Hafer und 150 g Häcksel bestehend und trank 20 Minuten nach Beendigung derselben 9 1/5 l grün gefärbtes Wasser und wurde sofort getötet. Der Mageninhalt war, wie

\*) Zu bemerken ist ferner, daß die zu diesen Versuchen verwendeten Pferde den speziellen Zwecken der Versuche entsprechend nicht durchgängig so vorbereitet und gefüttert wurden, wie S. 9 ff. geschildert.

35) Grützner, Ein Beitrag zum Mechanismus der Magenverdauung. Pflügers Arch. 1905, Bd. CVI, S. 463.

36) Scheunert, A., Über den Magenmechanismus des Pferdes bei der Getränkeaufnahme. Pflügers Arch. 1912, Bd. CXLIV, S. 411.

sich nach dem Durchfrieren herausstellte, durchgängig grün gefärbt. Es mußte hier also ein ganz analoger Fall wie bei den Pferden 4, 21 und 22 (Tabelle 2, S. 27) vorliegen. Im Momente der Tötung war noch eine große Menge des Wassers zugegen gewesen und hatte sich während der Exenteration usw. mit dem Inhalte vermischt.

Da es uns darauf ankam, sicher festzustellen, ob etwa das getrunkene Wasser von einem bestimmten Abschnitt des Magens vorzugsweise aufgenommen würde, führten wir einen analogen Versuch mit ganz geringer Getränkmenge aus.

Pferd Nr. 36 erhielt 1500 g Hafer, 150 g Häcksel und 750 g Heu. 30 Minuten später 1250 ccm malachitgrünes

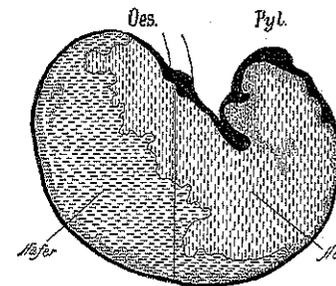


Fig. 3\*).

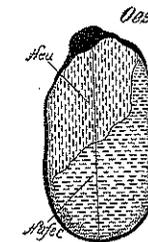


Fig. 4\*).

Wasser. Sofort nach dem letzten Schluck wurde es getötet. In den Darm war noch nicht viel von dem getrunkenen Wasser übergetreten, nur der in den ersten 90 cm enthaltene Inhalt war mäßig grün gefärbt.

Der Längsschnitt (Fig. 3) zeigte, daß der Mageninhalt bis auf eine Strecke in der Einmündung des Ösophagus und an der kleinen Krümmung ganz von einer grünen Zone umgeben war. Am deutlichsten und scharf begrenzt war die Färbung dieser Zone am rechten Magenteil. Linksseitig war sie heller

\*) In diesen und allen folgenden Abbildungen sind die durch das Tränkwasser grün gefärbten Teile des Mageninhaltes durch Punktierung angedeutet.

und die Begrenzung weniger scharf. An der Verlängerung der kleinen Krümmung zog sich eine gefärbte Zone in den Inhalt hinein, die als Ausdruck einer stets zu beobachtenden Verlagerung anzusprechen ist. Der Querschnitt (Fig. 4) zeigte ein ganz entsprechendes Bild. Die Oberfläche war überall grün gefärbt, die Färbung war aber nicht gleichmäßig, vielmehr war sie von der Speiseröhre ausgehend, an den Seitenwänden des Magens nach der großen Krümmung und dem Pylorus zu am intensivsten. Ganz geringe Färbung zeigten die Oberfläche des Vormageninhaltes und die dicht am Pylorus gelegenen Inhaltsteile. Es schien nach diesem Versuche das Wasser sich so über die Magenoberfläche ergossen zu haben, wie es nach physikalischen Gesetzen ohne Mitwirkung besonderer Mechanismen zu erwarten ist, wobei infolge der dorsalen Lage der Vormagenabteilung und der geringen Menge des getrunkenen Wassers davon dorthin nur sehr wenig gelangt war.

Wir haben durch weitere Versuche diese Verhältnisse noch genauer zu erforschen gesucht, indem wir die Tötung in verschiedenen langen Zeitabschnitten nach der Getränkeaufnahme erfolgen ließen. Einige dieser Versuche seien im folgenden angeführt.

Pferd Nr. 35 erhielt zunächst 1000 g Heu, dann 1000 g Hafer, 100 g Häcksel und 30 Minuten nach der Mahlzeit 1250 ccm grünges Wasser. Die Tötung erfolgte 5 Minuten nach dem letzten Schluck. Wie die Betrachtung des Darminhaltes lehrte, war das Tränkwasser, soweit es überhaupt sofort entleert worden war, schon völlig in den Darm eingetreten.

Im Antrum pylori war eine Durchmischung und durchgängige Grünfärbung des Inhaltes zu beobachten, an der kleinen Krümmung fehlte hingegen die Grünfärbung, wie Längs- und Querschnitt erkennen ließen. Die Ursache für das Fehlen der Grünfärbung an der kleinen Krümmung ist in einer Verlagerung des Inhaltes, die nach dem Tränken stattgefunden hat, zu erblicken; wie der Querschnitt (Fig. 5) und Längsschnitt

(Fig. 6) lehren, war im Innern der Hafermasse eine mit der kleinen Krümmung gleichsinnig verlaufende grüne Zone festzustellen. An der großen Krümmung war ein schmaler, größtenteils nur 1—2 mm dicker, tiefgefärbter grüner Saum an der Magenwandung zu beobachten. Er erstreckte sich auch noch in die Vormagenabteilung aber nicht mehr weit hinein, das ganze linke Drittel des Magens war frei davon.

Die Betrachtung der Oberfläche ließ erkennen, daß das Wasser, wie bei dem vorherigen Versuche über die Inhaltsoberfläche nach der großen Krümmung und über die Seitenflächen

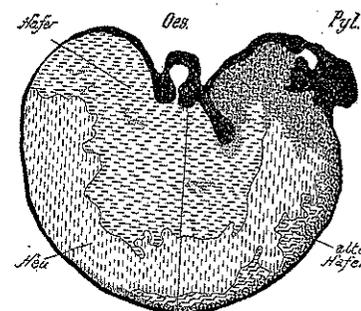


Fig. 5.

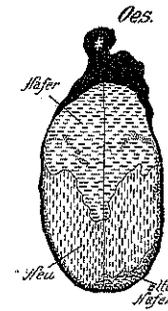


Fig. 6.

pyloruswärts geflossen war. Das blinde Ende der Vormagenabteilung erwies sich frei von jeder Färbung.

Ein Pferd (Nr. 30) erhielt die übliche Morgenration von 1500 g Hafer und 200 g Häcksel. 60 Minuten nach Beginn der Mahlzeit, etwa 20—30 Minuten nach ihrer Beendigung, wurde ihm grünges Wasser angeboten, wovon es 5 Liter trank. 20 Minuten nach dem letzten Schluck wurde es getötet, der Magen gefroren und in der Längsrichtung sowie quer durchsägt. Fig. 7 gibt das Bild des Längsschnittes. Danach hatte das Wasser den Mageninhalt umspült. Im Antrum pylori war die Färbung am stärksten und erstreckte sich auf sämtliche daselbst liegende Futtermassen, in der Fundusregion und der kardiaseitigen Vormagenabteilung hingegen, war die Farbe

nur oberflächlich in den Inhalt eingedrungen, auch war besonders in dem linksseitigen Magenteil die Färbung lange nicht so intensiv, als in der Gegend des Antrum pylori. Vor allem war auffallend, daß an der Einmündungsstelle des Ösophagus und den benachbarten Teilen der kleinen Kurvatur nur eine sehr unbedeutende Färbung zu sehen war. Der Querschnitt durch die Magenmitte ergab ebenfalls nur eine Färbung der Randzone. Anteile des Tränkwassers selbst waren im Magen nicht zu finden, hingegen war der Dünndarm bis drei

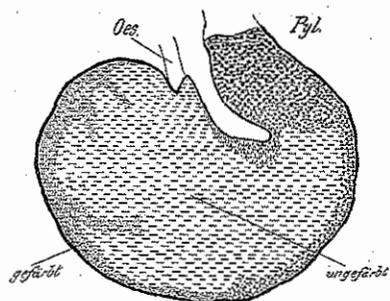


Fig. 7.

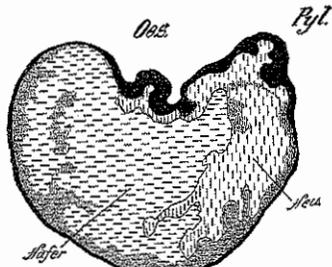


Fig. 8.

Viertel seiner Länge mit grüngefärbtem wässrigen Inhalte gefüllt.

Endlich schoben wir bei einem Pferde (Nr. 38) die Tötung noch weiter hinaus. Dieses Tier erhielt 2000 g Hafer und 500 g Häcksel, dann 750 g Heu und 25 Minuten später 5 Liter grünes Wasser. Die Tötung erfolgte erst 2 Stunden nach dem Trinken. Auch bei diesem Versuche zeigte der Längsschnitt (Fig. 8), daß der Mageninhalt von einem grünen Saum umgeben war, der in der Vormagenabteilung hell und unscharf war; die Oberfläche war bis auf einige hellere Bezirke in der linksseitigen Vormagenabteilung und an der kleinen Kurvatur durchgängig grün gefärbt. Weiter interessierte es uns, die Frage zu verfolgen, wie sich das Wasser im Magen bei sofortigem Trinken nach der Mahlzeit verhält, da dieser Fall häufig bei der Fütterung eintreten wird.

Ein 15jähriger brauner Wallach (Nr. 31) erhielt 1500 g Hafer und 100 g Häcksel, die bis auf 300 g in 1 Stunde 10 Minuten verzehrt wurden. Dann erhielt das Tier 500 g Heu. Nachdem diese in 30 Minuten aufgenommen waren, trank das Tier 5 l malachitgrünes Wasser und wurde sofort danach getötet.

Fig. 9 gibt den Längsschnitt, Fig. 10 den Querschnitt des gefrorenen Magens wieder. Der Mageninhalt war von einer mehr oder weniger breiten, grüngefärbten Randzone umgeben. An der kleinen Kurvatur war der Saum schmal und blaß, an der großen Kurvatur war er breiter (0,5—2 cm), in

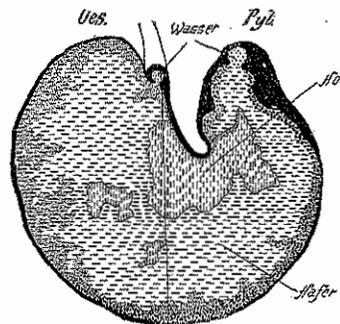


Fig. 9.

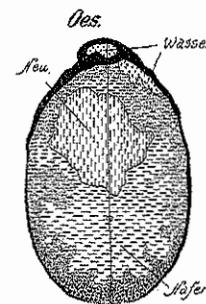


Fig. 10.

der rechten Magenhälfte war die oberflächliche Inhaltsschicht stark gefärbt und in der Mitte der großen Kurvatur scharf gegen den übrigen Mageninhalt abgesetzt. Nach dem Saccus caecus (der linksseitigen Vormagenabteilung) zu blaßte die Färbung beträchtlich ab, ihre Abgrenzung war unscharf, und sie strahlte in einzelnen schwach gefärbten Zügen in den Inhalt aus. Der Querschnitt zeigte die stärkste Färbung an der großen Kurvatur; an den Seitenflächen war die Färbung schwächer. Die Oberfläche des Mageninhaltes zeigte sich nach Abziehen der Magenwand in toto gefärbt, doch war die Färbung links in der Vormagenabteilung bei weitem nicht so intensiv wie in der Magenmitte und im Pylorusteil.

Einen weiteren Versuch stellten wir zur Kontrolle an, bei dem das Versuchstier Nr. 34 nach der Versuchsmahlzeit von 1500 g Hafer, 150 g Häcksel und 750 g Heu 850 ccm Wasser trank und 5 Minuten nach der Aufnahme getötet wurde. Da eine Entleerung von gefärbtem Wasser in den Darm noch nicht erfolgt war, fand sich vor dem Pylorus eine größere Menge intensiv grün gefärbten Inhaltes.

Längs- (Fig. 11) und Querschnitt (Fig. 12) zeigten, daß das Tränkwasser nur an einigen Stellen bis zur großen Kurvatur gelangt war. Ferner war hier im Mageninnern eine Verlagerung des Inhaltes derart eingetreten, daß die zuletzt genossene Heumenge, die auch während des Trinkens an der

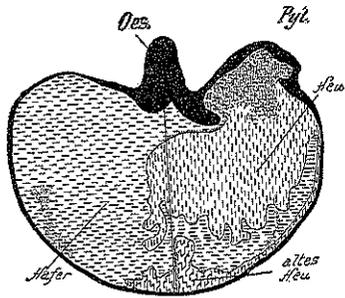


Fig. 11.

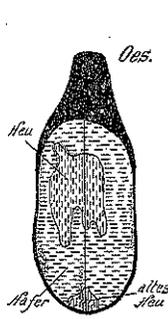


Fig. 12.

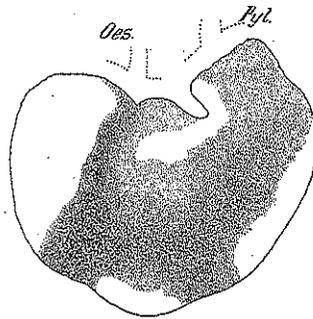


Fig. 13.

kleinen Kurvatur, wie ihre oberflächliche Grünfärbung bewies, gelegen hatte, durch Inhalt der Vormagenabteilung von der kleinen Kurvatur abgedrängt worden war, denn sie lag in der Mitte des Mageninhaltes. Die Betrachtung der Oberfläche des Mageninhaltes (Fig. 13) führte zu dem gleichen Schlusse, wie er sich aus dem vorigen Versuche ergab. Nach Eintritt in den Magen war das Wasser in der Richtung des Ösophagus über den Inhalt nach beiden Seiten hinweggelaufen, erreichte aber die große Kurvatur nur gegenüber dem Ösophagus. Andere Teile sind pyloruswärts an den Seiten des Magens und wohl auch an der kleinen Kurvatur, was infolge der erwähnten Verlagerung nicht genau verfolgt werden konnte, zum Pylorus

vorgedrungen. Die hierher gelangte Wassermenge hatte sich mit dem Inhalte vermischt.

Pferd Nr. 32 (brauner Wallach) verzehrte 1500 g Hafer, 150 g Häcksel und 600 g Heu und trank dann 6,25 l grüngefärbtes Wasser. Die Tötung erfolgte 40 Minuten später. Wie die Untersuchung des Darminhaltes ergab, hatte das getrunkene Wasser den Magen größtenteils verlassen.

Längs- (Fig. 14) und Querschnitt (Fig. 15) des Magens zeigten bezüglich der Färbung ein ganz ähnliches Bild wie

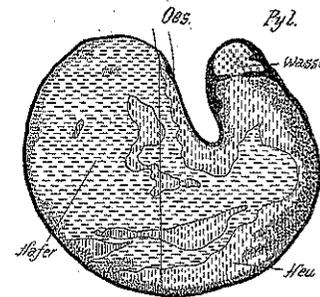


Fig. 14.

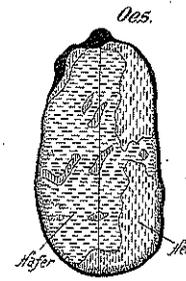


Fig. 15.

beim vorher geschilderten Versuch. An der kleinen Kurvatur zeigt Fig. 14 die nur schwache und nicht scharf gegen den ungefärbten Inhalt abgesetzte Färbung. In der Pars pylorica an der großen Kurvatur war die gefärbte Zone tiefgrün, ca. 3—5 cm breit und scharf begrenzt. Nach der Mitte der großen Kurvatur zu wurde die Färbung schwächer, ihre Dicke geringer und die Abgrenzung undeutlich. In der Vormagenabteilung war die gefärbte Zone nur noch als feiner, 1—2 mm breiter Saum zu erkennen. Auch der Querschnitt zeigte die deutlichste Färbung an der großen Kurvatur (3—5 mm dick), während an der kleinen Kurvatur die gefärbte Zone höchstens 1 mm breit war. Die Oberfläche des Mageninhaltes war vollständig grün gefärbt.

Nach diesen Versuchen ist es also gleichgültig, ob das Tränkwasser sofort nach der Mahlzeit oder einige Zeit hinterher

gereicht wird. Unter gewöhnlichen normalen Verhältnissen tritt eine Vermischung auch bei Aufnahme großer Wassermengen nicht ein, vielmehr wird das Wasser offenbar sehr schnell entleert. Auch hierfür werden wir noch weitere Belege erbringen. Der Transport des Wassers durch den Magen bei diesem raschen Durchtritte ist offenbar nicht nur auf die kleine Krümmung beschränkt, vielmehr wird der ganze Mageninhalt wenigstens von einem Teile des Wassers umspült, wobei in den Saccus caecus infolge seiner dorsalen Lage nur wenig, bei geringer Menge gar kein Wasser eintritt.

Eine Durchtränkung des Mageninhaltes mit Wasser, wie sie Colin beschrieben hat, haben wir, wenn wir von dem gleich eingangs beschriebenen Versuch, bei dem die Tötung nach dem Trinken von mehr als 9 l Wasser erfolgt war, absehen, nur in einem Falle beobachtet. Pferd Nr. 43 trank  $5\frac{1}{2}$  l nach einer aus 1500 g Hafer, 150 g Häcksel und 750 g Heu bestehenden Mahlzeit und wurde 1 Stunde nachher getötet. Der Mageninhalt war durchgängig grün gefärbt. Der Magen war abnorm groß und deshalb trotz der reichlichen Mahlzeit nur mäßig gefüllt. Entweder war also hier, wie Colin beschreibt, eine Durchmischung und Ausschwemmung eingetreten oder der Magen war infolge abnormer Verhältnisse trotz der reichlichen Mahlzeit nur mäßig gefüllt gewesen und hierin die Ursache der Durchmischung zu suchen. Wir neigen zu der letzteren Anschauung und können für diese weitere Versuche anführen. Bei diesen kam es uns darauf an, festzustellen, wie sich der Wassertransport durch den Magen beim Trinken während der Mahlzeit verhalte.

Pferd Nr. 42 erhielt früh 700 g gelb gefärbtes, dann 700 g rot gefärbtes Hafer-Häckselgemisch, trank dann 2 l grün gefärbtes Wasser und nahm dann noch 300 g blaugefärbten und 750 g ungefärbten Hafer auf. 5 Minuten nach der Mahlzeit erfolgte die Tötung. Der Längsschnitt (Fig. 16) zeigte, daß sich die nacheinander gereichten Futtermittel, wie nicht

anders zu erwarten, übereinander in der Reihenfolge, in der sie gereicht worden waren, geschichtet hatten. Die Hauptmenge des zuerst vor dem Trinken gereichten gelben Hafer-Häckselgemisches erfüllte die rechte Magenhälfte und war durch Tränkwasser total grün gefärbt. Links davon, kardiaseitig an der großen Krümmung, folgte das rote Futter, welches zum Teil in einer pyloruswärts an Dicke abnehmenden Schicht das erste Futter überlagerte. Das rote Futter war nur teilweise, besonders soweit es in der Nähe des Antrum pylori lag, ebenfalls grün gefärbt, dann folgten die zuletzt gereichten blauen

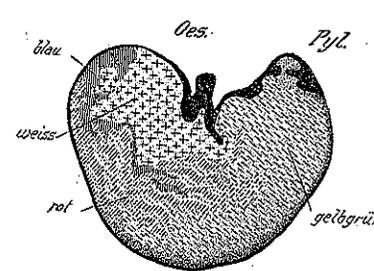


Fig. 16.

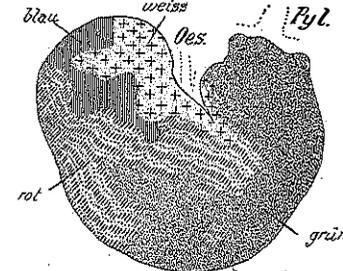


Fig. 17.

und ungefärbten Futterportionen, die sich hauptsächlich in der Vormagenabteilung vorfanden. Beim Trinken hatte danach das aufgenommene Wasser infolge der geringen Füllung des Magens den vorhandenen Inhalt bis auf einen Teil des zuletzt gereichten roten Futters durchtränkt. Dieser dürfte im Augenblick des Tränkens, als zuletzt gereichter Anteil, am weitesten links in der Vormagenabteilung gelegen haben, also dort wo an und für sich schon, wie die Versuche zeigen, das Tränkwasser nur bei reichlicher Menge hingelangt. Da nun die aufgenommene Menge nur 2 l, also sehr wenig betrug, ist es nicht verwunderlich, daß dieser Teil davon unberührt geblieben ist. Die Oberflächenansicht (Fig. 17), die wir nach dem Abziehen der Magenwand abzeichneten, verhielt sich ganz entsprechend und vervollständigte den bei der Betrachtung des Längsschnittes gewonnenen Ein-

druck. Jedenfalls war ein großer Teil des vor dem Tränken gereichten Futters grün gefärbt, also mit dem aufgenommenen Wasser vermischt worden. Unserer Anschauung nach ist diese Vermischung auf die geringe Magenfüllung im Momente des Tränkens zurückzuführen. In dieser Ansicht wurden wir auch durch den Verlauf des schon oben geschilderten Versuches Nr. 41 bestärkt.

Endlich erschien es uns notwendig, auch den praktisch wichtigen Fall durch einen Versuch zu verfolgen, in dem ein Pferd vor der Versuchsmahlzeit bei leerem Magen getränkt wird.

Pferd Nr. 40 erhielt, nachdem es am Abend vorher die gewöhnliche Mahlzeit erhalten hatte früh 5 l mit Malachitgrün gefärbtes Wasser und 5 Minuten nachher seine Morgenration von 1500 g Hafer und 150 g Häcksel, dann erhielt es Heu aufgesteckt, doch fraß es davon nur etwa 250 g. 10 Minuten danach wurde es getötet und der Magen, wie geschildert, gefroren. Die Betrachtung des Darminhaltes lehrte, daß das Wasser bereits bis in das Caecum gelangt war, auch der Dünndarm enthielt streckenweise grün gefärbten Inhalt. Das Bild des Längsschnittes gibt die Abbildung Fig. 18 wieder. Die punktierten Stellen des Inhaltes waren grün gefärbt und bestanden, von geringen Resten der früheren Mahlzeiten, die zur Zeit des Tränkens im Magen gewesen waren, abgesehen, aus einem Teil des zuerst gereichten Hafer und Häckselgemisches. Die Grünfärbung erstreckte sich auf die im Antrum pylori der großen Kurvatur anliegenden Inhaltsteile und zog sich dann, wie der Längsschnitt zeigte, als etwa zwei Finger breiter Saum entlang der großen Kurvatur nach der linken Magenhälfte, wo sie allmählich verschwand. Über den Ablauf der Anfüllung des Magens gab die Oberflächenansicht (Fig. 20) ein sehr treffendes Bild. Diese war bis auf den Blindsack der Vormagenabteilung durchgängig grün gefärbt. Danach scheint es, als ob ein Teil des Tränkwassers

in dem an sich fast leeren Magen bei Beginn der Fütterung noch zugegen gewesen war. Die ersten Bissen hatten sich hiermit vermischt, die nachfolgenden hatten diese vor sich her

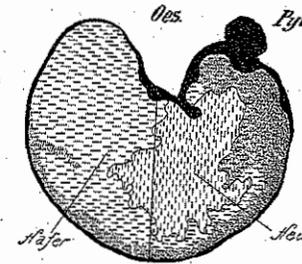


Fig. 18.



Fig. 19.

pyloruswärts geschoben und sie infolge ihrer dünnbreiigen Beschaffenheit in dünner Lage an den Rändern des Magens hinaufgedrückt (vgl. auch Querschnitt Fig. 19), so daß hier eine Schichtung in ähnlicher Weise, wie sie Grützner beschrieben hat, zustande gekommen ist. In der Vormagenabteilung waren grüngefärbte Inhaltsanteile nicht vorzufinden. Die

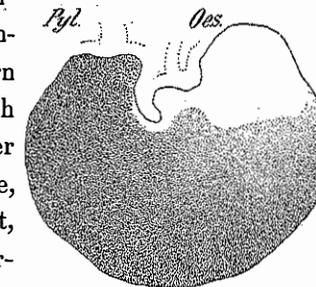


Fig. 20.

nachher genossene geringe Heumenge hat gemäß der Eintrittsrichtung des Ösophagus die Mitte des Magens aufgefüllt.

Die Antworten, die die geschilderten Versuche auf unsere eingangs gestellten Fragen geben, erschöpfen dieselben noch nicht vollkommen. Sie zeigen nur, daß, wie uns schon die Untersuchung des Wassergehaltes des Mageninhaltes lehrte, nur ein Teil des Tränkwassers im Magen zurückbleibt, während ein anderer Teil entleert wird. Sie zeigen ferner, daß diese Entleerung nicht mit einer Ausschwemmung Hand in Hand geht, und daß eine völlige Durchtränkung des Mageninhaltes mit dem Getränk nur bei ungenügender Magenfüllung zustande kommt, während sonst der Transport des

Wassers durch den Magen so erfolgt, daß dieses über die Oberfläche des Mageninhaltes unter Bevorzugung der rechten Magenhälfte hinwegleitet.

Wie diese Entleerung vor sich geht, ob dabei besondere mechanische Funktionen der Magenwandung in Frage kommen oder nicht, bleibt noch zu erörtern. Eine Theorie, die hierüber aufgestellt worden ist, kann ohne weiteres als durch diese Versuche widerlegt gelten. Colin hatte schon sich dahin geäußert, daß das Wasser in den Fällen, in denen es keine Mischung des Inhaltes herbeiführt, von der Kardia direkt zum Pylorus entlang der kleinen Krümmung eile. Diese Anschauung ist durch ältere und neuere Forschungen am Hundemagen dahin ergänzt und ausgebildet worden, daß sich durch Kontraktion der hufeisenförmigen Muskelschleife des Magens beim Trinken von der Kardia zum Pylorus eine unten offene Rinne (Retzius, Kaufmann u. a.) oder sogar ein geschlossenes Rohr bilden sollte. Eine solche Bildung könnte als Wasserweg in Frage kommen. Unsere Versuche zeigen, daß eine Beschränkung des Wasserweges auf die kleine Krümmung nicht besteht, vielmehr das Wasser über den ganzen Mageninhalt hinwegfließt. Eingeschlossenes Rohr kann also nicht in Frage kommen, ob sich eine unten offene Rinne bildet, bleibt dahingestellt, ist auch ohne entscheidende Bedeutung, da sie eine Umspülung des Mageninhaltes und ein Eindringen von Getränk in den Inhalt nicht verhindert\*).

Weiterhin erscheint es von vornherein höchst wahrscheinlich, daß der unzweifelhafte, sehr rasch erfolgte Transport eines großen Teiles des Tränkwassers durch den Magen nur unter

\*) Eine ausführliche Klarlegung der Fragen der Magenmechanik bei der Getränkeaufnahme ist von dem einen von uns an anderer Stelle erfolgt. Dort findet sich auch die Literatur über diesen Gegenstand, vgl. deshalb: A. Scheunert, Über den Magenmechanismus des Pferdes bei der Getränkeaufnahme. Pflügers Arch. 1912, Bd. CXLIV, S. 411 und — Derselbe, Über den Magenmechanismus des Hundes bei der Getränkeaufnahme. Pflügers Arch. 1912, Bd. CXLIV, S. 569.

kräftiger Mitwirkung seiner Muskulatur erfolgen kann. Daß dem in der Tat so ist, ist an anderer Stelle von Scheunert l. c. und Otto<sup>37)</sup> ausführlich dargelegt worden.

Einen Überblick über die Entleerung des Tränkwassers aus dem Magen und seinen Weitertransport in den Darm erhalten wir noch durch unsere Beobachtungen über die Länge der bei den einzelnen Versuchstieren gefärbten oder mit gefärbtem Inhalte gefüllten Darmabschnitte.

Tabelle 3.

Vordringen des Tränkwassers im Darm.

Nr. des Versuchstieres	Zwischen letztem Schluck und Tötung verstrichene Min.	Getrunkené Wassermenge in ccm	Länge des mit gefärbtem Inhalt gefüllten Dünndarmabschnittes hinter dem Pylorus in m	Länge des Dünndarms in m
36	0	1250	0,9	—
22	0	3000	7	—
31	0	5000	5,4	16
29	0	9500	14,5	19,5
33	1	1000	5,7	15,2
34	5	850	0,2—0,3	—
35	5	1250	5	—
23	10	3500	8	—
24	10	5500	7,5	—
30	20	5000	11	16
25	30	4000	11	16
37	30	12000	14	17
32	40	6250	10	15,5
26	45	6000	total, Caecum frei.	19
43	60	5500	Die letzten 4 m im Dünndarm, Caecum total.	—
28	60	12500	Dünndarm und Caecum total, im Kolon Anfang vereinzelt gefärbte Körner.	—
38	120	5000	Färbung bis zur ventralen Lage des Kolon dort nur vereinzelt Körner.	—

37) R. Otto, Studien über den Transport getrunkenen Wassers durch den Magen. Inaug.-Diss., Dresden/Leipzig 1912.

Man sieht aus der Zusammenstellung der betreffenden Befunde (Tabelle 3), daß zunächst schon während des Trinkens Wasser in den Darm eintreten muß, und daß offenbar die über-tretende Wassermenge wesentlich von der Menge des Tränk-wassers abhängt. Bei Pferd Nr. 36, welches nur  $1\frac{1}{4}$  l trank und sofort getötet wurde, finden wir daher nur eine ganz kurze Strecke des Darminhaltes grüngefärbt, während bei dem eben-falls sofort nach dem Trinken getöteten Pferd Nr. 29, welches  $9\frac{1}{2}$  l getrunken hatte, schon zirka drei Viertel des Dünndarmes die grüne Farbe des Tränkwassers aufwies.

Auch bei den einige Zeit nach dem Trinken getöteten Tieren zeigt sich, daß das Tränkwasser nur bei sehr kleinen Getränkmengen eine kurze Strecke in den Darm vorgedrungen ist. Sobald aber Mengen, die etwa dem normalen Bedarf des Tieres entsprechen, aufgenommen wurden, findet sich das Tränk-wasser im größten Teile des Dünndarmes vor. Es ist von Interesse, daß das ans dem Magen, wie wir oben sahen, sehr schnell entleerte Wasser offenbar auch innerhalb sehr kurzer Zeit fast bis an das Ende des Dünndarmes gelangt, daß aber eine Ent-leerung aus dem Dünndarm erst nach längerer Zeit statt-findet. Die älteren Beobachtungen und Anschauungen (Gurlt, Colin, Ellenberger), nach denen getrunkenes Wasser schon kurze Zeit bzw. wenige Minuten nach dem Trinken im Caecum zu finden sein sollte, sind demnach nicht zutreffend. Nach unseren Untersuchungen findet ein Übertritt in den Enddarm erst  $\frac{3}{4}$ —1 Stunde nach dem Trinken statt. Die getrunkene Menge ist hierbei offenbar nur insofern von Bedeutung, als bei größeren Mengen eine raschere Ausbreitung im Dünndarm stattfindet, eine frühzeitige Entleerung aber nicht bewirkt wird.

Es will uns scheinen, als ob die Ursache hiervon in der Resorptionskraft des Dünndarmes zu erblicken sei. Das Tier trinkt, bis sein Durst gestillt ist, d. h. soviel als es braucht. Die von seinem Organismus benötigte Flüssigkeitsmenge wird

also in Beziehung zu der Getränkmenge stehen. Die beim Trinken bewirkte plötzliche und erhebliche Verdünnung des Dünndarminhaltes ist nur vorübergehend, ihr wird durch die Aufsaugung energisch entgegengearbeitet, so daß schon nach kurzer Zeit der normale Füllungsgrad und Wassergehalt wiederhergestellt ist und ein durch die stärkere Füllung angeregter und zu ihrer Behebung nötiger schleuniger Abtransport des Inhaltes durch vermehrte Diinn-darmperistaltik nach dem Caecum nicht stattzufinden braucht. Wir glauben also, daß die Deckung des Wasserbedarfes des Organismus aus dem Tränkwasser durch die Anfsaugung im Dünndarm erfolgt und schon beendet ist, ehe ein Übertritt von mit dem Tränkwasser in Berührung gekommenem Inhalt in das Caecum stattgefunden hat. Je größer die Getränk-menge, also auch der Wasserbedarf ist, um so weiter dringt die getrunkene Flüssigkeit im Dünndarm vor, um so größer muß die resorbierende Fläche sein, die die Auf-saugung bewerkstelligt.

Überblicken wir die Ergebnisse über das Verhalten des Tränkwassers im Verdauungstraktus, so scheinen alle Befunde darauf hinzudeuten, daß durch die Aufnahme von Tränk-wasser der normale Verlauf der Verdauung kaum geändert wird. Infolge des raschen Transportes durch den Magen zwischen Magenwand und Inhaltsfläche wird die Inhaltsmasse selbst nicht verändert und ihr Wassergehalt nur unbedeutend erhöht, so daß die Vorgänge in ihr ungestört ihren Fortgang nehmen können. Hier schützen also mechanische Momente die Magenverdauung. Im Darm hingegen ist es die Resorp-tion, die einem zu raschen Durcheilen des Dünndarmes und einem Ausspülen desselben ein Ziel setzt. Sie stellt äußerst rasch normale Verhältnisse, was Füllungsgrad und Wassergehalt anlangt, her. Weitere Gründe für diese Annahme werden wir im weiteren Verlauf unserer Schilderungen bringen.

Zur Beantwortung der Fragen des eingangs aufgestellten Programmes mußten wir die Verdauungsvorgänge selbst näher

zu erforschen suchen und richteten dabei unser Augenmerk zunächst in erster Linie auf die Eiweißverdauung während der von uns untersuchten Verdauungsperiode.

### 9. Ablauf der Eiweißverdauung im Magen.

Unter den im Magen ablaufenden Vorgängen ist auch bei unseren pflanzenfressenden Haustieren dem Abbau der Eiweißkörper der Nahrung eine wichtige Rolle zuzuschreiben. Ist es doch die Aufgabe des Magens, die Eiweißkörper für die weitere Spaltung und Resorption im Darm vorzubereiten. Die für den Eiweißabbau wichtigen Bestandteile des Magensaftes sind in erster Linie die Salzsäure und das proteolytische Ferment Pepsin. Durch die gemeinsame Wirkung beider wird das Eiweiß in einfachere Spaltprodukte, Syntonin, Albumosen, Peptone und sehr geringe Mengen abiureter stickstoffhaltiger Stoffe (Restkörper) zerlegt\*). Als hauptsächlichstes Endprodukt der Eiweißspaltung im Magen sind bekanntlich die Peptone anzusehen. Wie alle Untersuchungen übereinstimmend gezeigt haben, bestehen die aus dem Magen in den Darm entleerten Verdauungsprodukte des Eiweißes in der Hauptsache aus Peptonen, die durch die Fermente des Dünndarmes später in noch einfachere Verbindungen gespalten werden.

Sonach scheinen die für die Eiweißverdauung im Magen gegebenen Bedingungen sehr einfache zu sein und sich der Ablauf der Verdauung in leicht erkennbaren Bahnen zu bewegen. Das ist aber nun keineswegs durchgängig der Fall, wie zahlreiche ausführliche Arbeiten von Zunz an Hunden und Katzen und eine Reihe von Arbeiten aus unserem Institute an Schweinen, Pferden und Schafen gezeigt haben, da je nach der Art der Nahrung und der Tierart sich noch andere Faktoren an der Eiweißspaltung beteiligen. Sehr klar

\*) Bei den folgenden Betrachtungen werden wir unter „Peptonen“ auch die Restkörper mit verstehen.

liegen die Verhältnisse bei mit Fleisch gefütterten Hunden. An solchen konnte Zunz<sup>37)</sup> zeigen, daß zwischen den beiden Magenhälften auch funktionell ein wesentlicher Unterschied besteht, indem nämlich unter den Verdauungsprodukten des Eiweißes im linken, der Fundusdrüsenportion entsprechenden Magenabschnitt Albumosen, im rechten, dem Pylorus benachbarten Teile aber Peptone und Restkörper vorwiegen. Sobald aber nicht Fleisch, sondern eine gemischte Nahrung, Brot<sup>38)</sup>, gereicht wurde, begannen sich diese Verhältnisse zu verschieben, und zwar derart, daß jetzt in vielen Fällen auch im Pylorus teil des Magens unter den Eiweißverdauungsprodukten die Albumosen überwogen und die Peptone zurücktraten. Noch deutlicher wurde diese Verschiebung bei Verabreichung einer aus einem Viertel Brot und drei Vierteln Fleisch zusammengesetzten Nahrung<sup>39)</sup>. Hier war also ein Einfluß der Nahrung zu erkennen. Interessant ist weiter, daß bei der Katze, trotz ihrer großen Ähnlichkeit des Magens mit dem des Hundes, selbst bei Fleischfütterung nicht derartige deutliche Unterschiede zwischen den beiden Magenhälften bestehen<sup>40)</sup>. Unter den Eiweißverdauungsprodukten tritt im Gegensatz zum Hunde reichlich Syntonin auf und dieses und die Albumosen bilden in beiden Magenhälften die überwiegende Menge der Eiweißspaltprodukte, gegenüber der die der Peptone zurücksteht. Bei der Katze tritt also eine mehr gleichmäßige Verteilung der Eiweißabbauprodukte auf die Magenabschnitte ein. Dies ist auch beim mit Fleisch gefütterten Schwein und dem

37) E. Zunz, Nouvelles recherches sur la digestion de la viande crue et de la viande cuite chez le chien. Mém. publ. par l'Acad. roy. de méd. de Belgique 1907, T. XIX, Fasc. 7.

38) E. Zunz, Recherches sur la digestion des protéines du pain chez le chien. Int. Beitr. zur Path. u. Ther. d. Ernährungsstörungen 1911, Bd. II, H. 2.

39) E. Zunz, Nouvelles recherches sur la digestion des protéines chez le chien. Int. Beitr. zur Path. u. Ther. d. Ernährungsstörungen 1911, Bd. II, H. 4.

40) E. Zunz, Recherches sur la digestion de la viande crue et de la viande cuite chez le chat. Bull. de l'Acad. roy. de méd. de Belgique 1909, T. XXIV, p. 241.

Dr. Gerh. Lohr  
prakt. Tierarzt

mit Hafer gefütterten Pferd der Fall, wie es einige Arbeiten von dem einen von uns mit Rosenfeld<sup>41)</sup> und mit Löttsch<sup>42)</sup> gezeigt haben. Bezüglich des Pferdes haben diese Untersuchungen gelehrt, daß von einer verschiedenen Funktion der Abteilungen des Pferdemagens, bei dem noch eine dritte mit kutaner Schleimhaut ausgekleidete ösophageale Vormagenabteilung dazu kommt, bei der Eiweißspaltung nicht gesprochen werden kann. Gewisse quantitative Verhältnisse zwischen den einzelnen Eiweißabbauprodukten bestehen daselbst nicht. Die Eiweißverdauung verläuft darin nicht nur in anderen quantitativen Verhältnissen, sondern es kann keiner der drei Magenabteilungen eine besondere Funktion bei derselben zugesprochen werden. Die Ursachen hierfür liegen unserer Meinung nach in aller erster Linie in der Nahrung im weitesten Sinne. Diese ist es ja letzten Endes auch, die den besonderen anatomischen Bau des Pferdemagens bedingt. Ferner aber sind in den pflanzlichen rohen naturgemäßen Nahrungsmitteln des Pferdes Fermente enthalten, die, wie verschiedene Arbeiten aus unserem Institute gezeigt haben, in saurer, neutraler und alkalischer Lösung Eiweiß abzubauen vermögen, also unter Bedingungen wirken, die im Pferdemagen jederzeit einzeln oder nebeneinander anzutreffen sind<sup>43, 44)</sup>. Dieser proteolytische Abbau kommt also beim Pflanzenfresser zum Abbau durch Magensaft hinzu. Außerdem aber gelangen mit der Nahrung zahlreiche Bakterien in den Magen, unter denen sicher auch solche sind, die Eiweiß und seine Abbauprodukte spalten. Es ist zwar nicht allzu wahrscheinlich, daß ein bakterieller Eiweiß-

41) A. Scheunert und E. Rosenfeld, Die Eiweißverdauung im Magen des Pferdes. Deutsche tierärztl. Wochenschr., Bd. XVII, S. 393.

42) A. Scheunert und E. Löttsch, Die Eiweißverdauung im Magen des Schweines bei Fleischfütterung. Deutsche tierärztl. Wochenschr., Bd. XVII, S. 437.

43) A. Scheunert und W. Grimmer, Zur Kenntnis der in den Nahrungsmitteln enthaltenen Enzyme und ihrer Mitwirkung bei der Verdauung. Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. XLVIII, S. 27 (1906).

44) W. Grimmer, Zur Kenntnis der Wirkung der proteolytischen Enzyme der Nahrungsmittel. Bioch. Zeitschr., Bd. IV, S. 80 (1907).

abbau in einem einhöhligen Magen stattfinden kann, da besonders die eiweißspaltenden Fäulnisbakterien säureempfindlich sind und daher bald zugrunde gehen müssen. Es gelang uns früher auch nicht, die typischen Erreger der Eiweißfäulnis, die Anaerobier, spec. Bac. putrificus, aus Pferdemageninhalt zu isolieren. Neue ausführliche in Gang befindliche Untersuchungen zeigen uns hingegen, daß man immer eiweißabbauende Bakterien aus dem Pferdemageninhalt isolieren kann, wenn auch nicht gerade die typischen Anaerobier. Wir sind infolgedessen dadurch zu der Meinung gekommen, daß in der Tat auch im Pferdemagen ein bakterieller Eiweißabbau in Betracht gezogen werden muß.

Außer Pepsin und Salzsäure sind es also Nahrungsmittelfermente und Bakterien, die beim Pferde die Eiweißverdauung im Magen bewirken. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß gleichzeitig an allen Stellen des Mageninhaltes Eiweiß abgebaut wird, wobei aber, je nach den besonderen Verhältnissen, die eine oder die andere der drei Komponenten fehlt oder eine mehr oder weniger wichtige Rolle spielt. Denkt man ferner daran, daß in jedem pflanzlichen Futtermittel immer wasserlösliche stickstoffhaltige Substanzen vorhanden sind, die zum Teil nicht eiweißartiger Natur sind, zum Teil Eiweißabbauprodukten nahe stehen, so ist es verständlich, daß Regelmäßigkeiten, wie sie oben von der Verteilung der Eiweißverdauungsprodukte im Hundemagen geschildert wurden, beim Pferde nicht zu erwarten sind.

Uns erscheinen diese Fragen von großer theoretischer Bedeutung für die Verdauung der Herbivoren und deshalb haben wir sehr sorgfältige Untersuchungen über die Verteilung der Eiweißabbauprodukte im Mageninhalt bei einer großen, auf die ganze Versuchsdauer sich erstreckenden Anzahl von Pferden vorgenommen.

Es wurde dabei, wie bei allen derartigen Versuchen, so verfahren, daß als Maß der einzelnen Abbauprodukte der Stickstoffgehalt benutzt wurde. Es wurde also festgestellt, wie sich der im Magen in Form lös-

Tabelle 4.

Tabellarische Übersicht der Gewichtsmengen der verschiedenen Stickstoffverbindungen im Magen und seinen einzelnen Abteilungen in Grammen.

No.	Beginn des Versuches stets 4 Uhr morgens	Gesamtmageninhalt					Ösophageale Abteilung						
		Gesamt-N	gelöster N	koagulabler Stickstoff und Syntonin	unkoagulabler Stickstoff	Albumosen	Pepton und Restkörper	Gesamt-N	gelöster N	koagulabler Stickstoff und Syntonin	unkoagulabler Stickstoff	Albumosen	Pepton und Restkörper
		g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
16	4 Uhr nüchtern	38,7441	10,4224	0,6519	9,7705	4,7348	5,0357	23,063	4,606	0,2395	4,3665	1,4445	2,922

4 Uhr: Erste Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel

2	5 Uhr . . . . .	74,1993	19,3891	nicht ermittelt			8,159	39,457	10,755	nicht ermittelt			3,5297
17	5 " . . . . .	51,5702	15,2243	2,5260	12,6983	5,5116	7,1867	21,8963	4,8367	0,7131	4,1236	1,9313	2,1923
3	5 " . . . . .	41,954	12,5582	0,6128	11,9454	6,8904	5,055	18,66	3,7226	0,6128	3,1098	2,0286	1,0812

5 Uhr: Getränkeaufnahme.

5	5 Uhr 20 Min. . .	19,4169	4,5780	0,4694	4,1086	1,8513	2,2573	7,2303	1,5567	0,4297	1,127	0,1932	0,9338
6	5 " 20 " . . .	73,2538	19,3469	1,7357	17,6112	7,4249	10,1863	44,753	10,533	0,6950	9,838	4,099	5,739
8	6 " . . . . .	35,7978	10,0644	1,6246	8,4398	2,8929	5,5469	16,699	3,8758	0,9250	2,9508	0,8201	2,1307
9	6 " . . . . .	38,7384	12,2642	1,9368	10,3274	4,3172	6,0102	16,967	4,423	0,6082	3,8148	1,1982	2,6166

6 Uhr: Erste Heuration: 750 g Heu

10	6 Uhr 45 Min. . .	29,6589	8,4166	1,0885	7,3281	2,8929	4,3452	15,9254	4,0066	0,7196	3,287	1,3193	1,9677
11	6 " 45 " . . .	30,7745	8,2556	0,2298	8,0258	3,6233	4,4025	13,081	3,2346	0,1931	3,0415	1,5836	1,4579
12	7 " . . . . .	54,401	12,8101	1,2902	11,5199	6,0033	5,5166	31,39	5,789	0,4152	5,3738	2,8954	2,4784
13	9 " . . . . .	26,9104	10,3499	0,4112	9,9387	6,0798	3,8589	15,643	5,713	0,240	5,5530	3,5234	2,0296
18	9 " . . . . .	51,6774	13,2025	0,6245	12,5780	6,0340	6,5440	28,411	5,576	0,3775	5,1985	2,2571	2,9414
14	11 " . . . . .	17,0891	6,4047	1,0574	5,3473	2,3613	2,9860	7,2594	1,9145	0,7958	1,1187	0,1147	1,004
15	1 Uhr } ohne Mittags-	21,1726	1,4679	0,1197	6,3482	3,1140	3,2342	10,163	1,8858	0,0526	1,8332	0,7484	1,0848
19	1 " } mahlzeit	11,4704		nicht bestimmbar				8,399	2,3468	0,1327	2,2141	1,4127	0,8014

12 Uhr: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel

20	1 Uhr . . . . .	43,7456	15,3748	1,6585	13,7163	7,6383	6,0780	12,96	2,7253	0,4535	2,2718	1,3572	0,9146
----	-----------------	---------	---------	--------	---------	--------	--------	-------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabelle 4.

Tabellarische Übersicht der Gewichtsmengen der verschiedenen Stickstoffverbindungen im Magen und seinen einzelnen Abteilungen in Grammen.

No.	Beginn des Versuches stets 4 Uhr morgens	Fundusabteilung						Pylorusabteilung					
		Gesamt-N	gelöster N	koagulabler Stickstoff und Syntonin	unkoagulabler Stickstoff	Albumosen	Pepton und Restkörper	Gesamt-N	gelöster N	koagulabler Stickstoff und Syntonin	unkoagulabler Stickstoff	Albumosen	Pepton und Restkörper
	Ende des Versuches Stunde der Tötung	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
16	4 Uhr nüchtern	11,70	5,002	0,305	4,697	3,0305	1,6665	3,9811	0,8144	0,1074	0,707	0,2598	0,4472

4 Uhr: Erste Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel

2	5 Uhr . . . . .	31,04	7,2142	nicht ermittelt			4,019	3,7023	1,4199	nicht ermittelt			0,6103
17	5 " . . . . .	19,8336	7,9322	1,3985	6,5392	3,0927	3,447	9,8403	2,4494	0,4144	2,035	0,4876	1,5474
3	5 " . . . . .	20,783	7,3845	Spuren	7,3845	4,0635	3,321	2,511	1,4511	Spuren	1,4511	nicht ermittelt	

5 Uhr: Getränkeaufnahme

5	5 Uhr 20 Min . .	10,0086	2,4992	0,0194	2,4798	1,6581	0,8217	2,178	0,5221	0,0203	0,5018	0	0,5018
6	5 " 20 " . . . .	24,918	7,647	0,7864	6,8606	2,8109	4,0497	3,5828	1,1669	0,2543	0,9126	0,5150	0,3976
8	6 " . . . . .	16,44	5,1508	0,5724	4,5784	1,9501	2,6283	2,6588	1,0378	0,1272	0,9106	0,1227	0,7879
9	6 " . . . . .	17,926	6,2929	1,0363	5,2566	2,5792	2,6774	3,8454	1,5483	0,2923	1,256	0,5398	0,7162

6 Uhr: Erste Heuration: 750 g Heu

10	6 Uhr 45 Min. . .	9,650	2,9665	0,3079	2,6586	1,1796	1,479	4,0835	1,4435	0,0610	1,3825	0,4840	0,8985
11	6 " 45 " . . . .	14,78	4,1545	0,0173	4,1372	2,0233	2,1139	2,9135	0,8667	0,0196	0,8471	0,0164	0,8307
12	7 " . . . . .	19,95	6,184	0,8182	5,3658	2,7665	2,5993	3,061	0,8371	0,0568	0,7803	0,3414	0,4389
13	9 " . . . . .	8,715	3,2728	0,1386	3,1342	1,8510	1,2832	2,5524	1,2841	0,0326	1,2515	0,7054	0,5461
18	9 " . . . . .	20,825	6,6227	0,1597	6,463	3,3875	3,0755	2,4414	1,0038	0,0873	0,9175	0,3894	0,5271
14	11 " . . . . .	7,922	3,7408	0,2201	3,5207	2,1029	1,4178	1,907	0,7494	0,0415	0,7079	0,1437	0,5642
15	1 Uhr } ohne Mittags-	9,604	3,905	0,0445	3,8605	2,1824	1,6781	1,4056	0,6771	0,0226	0,6545	0,1832	0,4713
19	1 " } mahlzeit	2,4994	1,1655	0,0920	1,0735	0,6257	0,4478	0,5720		nicht bestimmbar			

12 Uhr: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel

20	1 Uhr . . . . .	25,278	9,5382	0,9612	8,577	4,714	3,863	5,5076	3,1113	0,2438	2,8675	1,5671	1,3004
----	-----------------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

ficher bzw. unkoagulabler Verbindungen befindliche Stickstoff auf die einzelnen Abbauprodukte des Eiweißes, Syntonin, Albumosen, und Restkörper, Peptone und Restkörper konnte aus äußeren Gründen (die Untersuchung wäre durch Ausführung der ziemlich umständlichen Trennungsmethoden nur schwierig zu bewältigen gewesen) nicht unternommen werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, denen weit über 1000 Analysen zugrunde liegen, sollen in möglichster Kürze erörtert werden und sind infolgedessen tabellarisch geordnet.

Zunächst sei auf die Zusammenstellung (Tabelle 4) der im Magen und seinen drei Abschnitten enthaltenen Gewichtsmengen des in Gestalt der einzelnen Abbauprodukte enthaltenen N verwiesen. Sie stellen gewissermaßen ein Versuchsprotokoll dar und dienen zur Berechnung der späteren Tabellen.

Wir sehen aus der Tabelle, daß zu allen Zeiten in allen Magenabteilungen Verdauungsprodukte des Eiweiß (Syntonin, Albumosen, Peptone) vorhanden sind. Dies deutet darauf hin, daß auch jederzeit Eiweißabbau stattfindet. Einen genaueren Einblick in die Verhältnisse im gesamten Mageninhalt gewährt uns die nächste Tabelle 5, die uns die Menge des unkoagulablen und des schon in Lösung gegangenen aber noch koagulabaren, sowie des durch Neutralisation ausfällbaren (Syntonin) N bezogen auf den in lösliche Form überhaupt im Magen befindlichen Stickstoff zeigt.

Wir sehen daraus, daß von dem gesamten N-Gehalt des Mageninhaltes durchschnittlich  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  in gelöster Form enthalten ist. Die stets überwiegende Menge ( $\frac{1}{4}$  des Gesamtstickstoffes) ist in Form durch Kochen nicht mehr gerinnbarer Substanzen, also von Albumosen, Peptonen und sonstigen N-haltigen Substanzen, vorhanden. Die Menge des Syntonins und des mit diesem bestimmten gelösten aber koagulablen Eiweißes ist hingegen stets nur gering. Von Wichtigkeit für unsere Betrachtungen ist, daß das Verhältnis der N-Mengen der einzelnen Substanzen zueinander und zu der Gesamt-N-Menge des Mageninhaltes eine große Gleichmäßigkeit auf-

weist. Wir treffen bei allen Pferden ziemlich immer wieder dieselben zahlenmäßigen Verhältnisse an und wir sehen, daß weder das Tränken noch die Aufnahme einer neuen Mahlzeit hierin wesentliche und in die Augen fallende Änderungen hervorruft.

**Tabelle 5.**

Menge des gelösten, des unkoagulablen und des dem Syntonin + gelösten koagulablen Eiweiß entsprechenden N, bezogen auf den gesamten im Magen vorhandenen N.

No. des Versuchs	Beginn aller Versuche 4 Uhr morgens	Von der im Magen vorhandenen Stickstoffmenge sind		
	Ende der Versuche Stunde der Tötung	gelöst %	unkoagulabel %	Syntonin %
16	4 Uhr nüchtern . . . .	26,9	25,2	1,
4 Uhr: Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel				
2	5 Uhr . . . . .	26,1	nicht ermittelt	
17	5 „ . . . . .	29,5	24,6	4,9
3	5 „ . . . . .	29,9	28,5	1,4
5 Uhr: Getränkeaufnahme				
5	5 Uhr 20 Min. . . . .	23,6	21,2	2,4
6	5 „ 20 „ . . . . .	26,4	24,0	2,4
8	6 „ . . . . .	28,1	23,6	4,5
9	6 „ . . . . .	31,7	26,7	5,0
6 Uhr: Heuration: 750 g Heu				
10	6 Uhr 45 Min. . . . .	28,4	24,7	3,7
11	6 „ 45 „ . . . . .	26,8	26,1	0,7
12	7 „ . . . . .	23,5	21,1	2,4
13	9 „ . . . . .	33,4	36,9	1,5
18	9 „ . . . . .	25,5	24,3	1,2
14	11 „ . . . . .	37,5	31,3	6,2
15	1 Uhr . . . . .	30,6	30,0	0,
12 Uhr: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel				
20	1 Uhr . . . . .	35,2	31,5	3,8

Eine Beeinflussung dieser Mengenverhältnisse durch das Tränken etwa im Sinne einer Ausschwemmung, die eine Verminderung der löslichen Inhaltsbestandteile doch mit sich ziehen müsste, findet demnach nicht statt. Sie kann auch gar nicht stattfinden, da eben, wie früher gezeigt wurde, das getrunzene Wasser zwischen Oberfläche des Inhaltes und Magenwand den Magen rasch durchheilt. Auch Aufnahme von Nahrung und Entleerung ändern hieran nichts. Kurz nach einer Mahlzeit oder auch so lange nach ihr, daß schon wieder die nächste Mahlzeit aufgenommen werden soll, immer sind  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  der stickstoffhaltigen Verbindung des Mageninhaltes darin in gelöster Form enthalten.

Betrachten wir in der folgenden Tabelle 6 die Verteilung des unkoagulierbaren N im Magen, also jener Substanzen, die sich in erster Linie aus Eiweißverdauungsprodukten rekrutieren, so wird der soeben gezogene Schluß bestätigt. Wir finden zu allen Zeiten ungefähr die gleiche prozentische Menge von Albumosen und Peptonen, in denen hier die N-haltigen löslichen aber nicht eiweißartigen Bestandteile der Nahrung inbegriffen sind. Daß wir hier und da, wie bei Pferd 8 und 13, einmal auch größere Abweichungen finden, kann hieran nichts ändern. Durchschnittlich finden wir den unkoagulierbaren N mit 40—50% auf Albumosen, den Rest auf Peptone verteilt.

Die soeben dargestellten Verhältnisse erscheinen uns sehr wichtig. Wir müssen bedenken, daß, wie oben ausgeführt wurde, der Magen des normal gefütterten Pferdes niemals leer wird, daß also dauernd zu jeder Zeit in seinem Magen auch Verdauungsvorgänge ablaufen. Unsere Studien zeigen nun, daß zu allen Tageszeiten bezüglich der Eiweißabbauprodukte die gleichen Verhältnisse herrschen, daß also dauernd auch ein Eiweißabbau stattfinden muß, der Hand in Hand mit der Entleerung des Magens immer für neues, für die Darmverdauung vorbereitetes Material sorgt. Würde zeitweise die Eiweißverdauung unterbrochen werden, so müßte sich dies bei

unseren Versuchen in einer Verminderung der Eiweißabbauprodukte zeigen.

Tabelle 6.

Verteilung des unkoagulablen Stickstoffes auf Albumosen, Peptone und Restkörper im Gesamtmageninhalt.

No.	Beginn aller Versuche 4 Uhr Morgens	Der unkoagulable N verteilt sich auf	
	Ende des Versuches Stunde der Tötung	Albumosen %	Pepton und Restkörper %
16	4 Uhr nüchtern . . . .	48,5	51,5
4 Uhr: Erste Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel			
17	5 Uhr . . . . .	43,4	56,6
3	5 „ . . . . .	57,7	42,3
5 Uhr: Getränkaufnahme			
5	5 Uhr 20 Min. . . . .	45,1	54,9
6	5 „ 20 „ . . . . .	42,2	57,8
8	6 Uhr . . . . .	34,3	65,7
9	6 „ . . . . .	41,8	58,2
6 Uhr: Heuration: 750 g Heu			
10	6 Uhr 45 Min. . . . .	40,7	59,3
11	6 „ 45 „ . . . . .	45,2	54,8
12	7 „ . . . . .	52,1	47,9
13	9 „ . . . . .	61,2	38,8
18	9 „ . . . . .	48,0	52,0
14	11 „ . . . . .	44,2	55,8
15	1 Uhr { ohne Mittag- zeit	49,1	50,9
12 Uhr: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel			
20	1 Uhr . . . . .	55,7	44,3

So gestalten sich die Verhältnisse bei Betrachtung des gesamten Mageninhaltes. Man könnte danach annehmen, daß auch in den drei Abschnitten des Magens der Mageninhalt bezüglich seines Gehaltes an Eiweißverdauungsprodukten eine

Gleichmäßigkeit aufweisen müßte. Das ist aber in Hinblick auf die schon durch die ersten Ellenbergerschen Untersuchungen festgestellten großen regionären Differenzen in der Zusammensetzung des Inhaltes verschiedener Magenabschnitte, dann aber auch wegen der während der Verdauung noch dauernd nachweisbaren Schichtung der Nahrung unwahrscheinlich. Die dadurch bedingten regionären Verschiedenheiten müssen auch bei unseren Untersuchungen zum Ausdruck kommen. Wir haben deshalb in der folgenden Tabelle 7 die Verteilung des in den einzelnen isolierten und untersuchten Magenabteilungen vorhandenen gelösten Stickstoffes und in Tabelle 8 die Verteilung des unkoagulablen N auf die Abbauprodukte, zusammengestellt.

Die Tabellen zeigen, daß zwischen den drei Abteilungen wesentliche Unterschiede in vielen Fällen bestehen, woraus man wohl schließen darf, daß der Eiweißabbau auch in ihnen verschieden verläuft. Nach dem was über die mannigfaltigen Faktoren, die ihn bewirken, oben auseinandergesetzt worden ist, ist das nicht anders zu erwarten. Weiter aber sehen wir, daß, wie schon Scheunert und Rosenfeld erkannten, keinesfalls irgendeiner Abteilung eine besondere Rolle bei der Eiweißverdauung zugesprochen werden darf. Besonders eine so deutliche funktionelle Trennung, wie sie nach den Arbeiten von Zunz bei Fleischfütterung den beiden Abschnitten des Hundemagens zukommt, kann beim Pferd nicht nachgewiesen werden.

Auch in den einzelnen Abteilungen kann ein Einfluß des Tränkens oder der Aufnahme von Mahlzeiten nicht festgestellt werden.

Wir sehen also, wenn wir die Befunde über die Eiweißverdauung im Magen unserer Versuchstiere überschauen, daß tagsüber unabhängig von der seit der letzten Nahrungsaufnahme verflossenen Zeit im Magen Eiweiß verdaut wird und daß dies offenbar nicht nur in bestimmten Abschnitten, sondern überall geschieht. Wenngleich wir aber im Mageninhalt, als Ganzes

**Tabelle 7.**  
Verteilung des gelösten Stickstoffes auf die Abbauprodukte in den einzelnen Magenabteilungen.

No	Beginn aller Versuche 4 Uhr morgens	Ösophageale Abteilung				Fundusabteilung				Pylorusabteilung			
		koagulabler Stickstoff und Syntonin %	Albu- mosen %	Peptone und Rest- körper %		koagulabler Stickstoff und Syntonin %	Albu- mosen %	Peptone und Rest- körper %		koagulabler Stickstoff und Syntonin %	Albu- mosen %	Peptone und Rest- körper %	
16	4 Uhr nüchtern	5,2	31,4	63,4	6,1	60,6	33,3		13,2	31,9	54,9		
4 Uhr: Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel													
2	5 Uhr	nicht ermittelt		32,8	nicht ermittelt		55,7		nicht ermittelt		43,0		
17	5 "	14,8	39,9	46,3	17,6	39,0	43,4		16,9	19,9	63,2		
3	5 "	16,5	54,5	29,0	Spuren	55,0	45,0		Spuren	55,0	45,0		
5 Uhr: Getränkaufnahme													
5	5 Uhr 20 Min.	27,6	12,4	60,0	0,8	66,3	32,9		3,9	nicht bestimmbar			
6	5 " 20 "	6,6	38,9	54,5	10,3	36,8	52,9		21,8	44,1	34,1		
8	6 "	23,9	21,1	55,0	11,1	37,9	51,0		12,3	11,8	75,9		
9	6 "	13,7	27,1	59,2	16,5	41,0	43,5		18,9	34,9	46,2		
6 Uhr: Heufütterung: 250 g Heu													
10	6 Uhr 45 Min.	18,0	32,9	49,1	10,4	39,7	40,9		4,2	33,5	62,3		
11	6 " 45 "	6,0	48,9	45,1	0,4	48,7	50,9		2,3	1,9	95,8		
12	7 "	7,2	50,0	42,8	13,2	44,7	42,1		6,8	40,8	52,4		
13	9 "	4,1	60,8	35,1	4,3	56,5	39,2		2,6	54,9	42,5		
18	9 "	6,8	40,5	52,7	2,4	51,2	46,4		8,7	38,8	52,5		
14	11 "	41,6	6,0	52,4	5,9	56,2	37,9		5,5	19,2	75,3		
15	1 Uhr } ohne Mittagmahlzeit	2,8	39,7	57,5	1,1	55,9	43,0		3,3	27,1	69,6		
19	1 " }	5,7	60,2	34,1	7,9	53,7	38,4		nicht ermittelt				
12 Uhr: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel													
20	1 Uhr	16,6	49,8	33,6	10,1	49,4	40,5		7,8	50,4	41,8		

betrachtet, bei allen Tieren ungefähr einen gleichen Prozentgehalt an Verdauungsprodukten des Eiweiß finden, so bestehen doch regionäre und auch zeitliche Verschiedenheiten insofern, als an verschiedenen Stellen des Mageninhaltes zu verschiedenen Zeiten auch verschiedene Mengen von Albumosen und Peptonen zu finden sind. Irgendeine erkennbare Beeinflussung durch die Aufnahme von Tränkwasser findet nicht statt.

**Tabelle 8.**

Verteilung des unkoagulableu N auf die Abbau-  
produkte in den einzelnen Magenabteilungen.

No.	Beginn aller Versuche 4 Uhr morgens	Ösophageale Abteilung		Fundusabteilung		Pylorusabteilung	
	Ende des Versuches Stunde der Tötung	Albu- mosen %	Peptone und Rest- körper %	Albu- mosen %	Peptone und Rest- körper %	Albu- mosen %	Peptone und Rest- körper %
16	4 Uhr nüchtern	63,8	36,2	58,3	41,7	nicht ermittelt	
4 Uhr: Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel							
17	5 Uhr . . . . .	46,8	53,2	47,3	52,7	24,0	76,0
3	5 „ . . . . .	65,2	34,8	55,0	45,0	55,0	45,0
5 Uhr: Getränkeaufnahme							
5	5 Uhr 20 Min. . .	17,1	82,9	66,9	33,1	nicht ermittelt	
6	5 „ 20 „ . . . .	41,7	58,3	41,0	59,0	56,4	43,6
8	6 „ . . . . .	27,8	72,2	42,6	57,4	13,5	86,5
9	6 „ . . . . .	31,4	68,6	49,1	50,9	43,0	57,0
6 Uhr: Heuration: 750 g Heu							
10	6 Uhr 45 Min. . .	40,1	59,9	44,4	55,6	35,0	65,0
11	6 „ 45 „ . . . .	52,1	47,9	48,9	51,1	1,9	98,1
12	7 „ . . . . .	53,9	46,1	51,6	48,4	43,8	56,3
13	9 „ . . . . .	63,5	36,5	59,1	40,9	56,4	43,6
18	9 „ . . . . .	43,4	56,6	52,4	47,6	42,5	57,5
14	11 „ . . . . .	10,3	89,7	59,7	40,3	20,3	79,7
15	1 Uhr } ohne Mittags-	40,8	59,2	56,5	43,5	28,0	72,0
19	1 „ } mahlzeit	63,8	36,2	58,3	41,7	nicht ermittelt	
12 Uhr: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel							
20	1 Uhr . . . . .	59,7	40,3	55,0	45,0	54,6	45,4

Wir haben bisher aus dem Vorhandensein von Eiweißverdauungsprodukten immer auf das Vorhandensein von Vorgängen, auf Grund deren sie entstehen, geschlossen. Dazu waren wir, streng genommen, nicht berechtigt und müssen noch den Beweis erbringen, daß tatsächlich Eiweißspaltungsvorgänge auch ablaufen.

Wir haben auch darüber Versuche angestellt (Methodik vgl. S. 13), wobei es uns darauf ankam, festzustellen, ob überhaupt ein Eiweißabbau in den einzelnen Magenabschnitten stattfand, während von der Ergründung der Ursachen desselben abgesehen wurde.

Wir haben dazu die Znnahme der unkoagulablen Produkte im Preßsaft des Mageninhaltes innerhalb 12 und 24 Stunden ermittelt und die dabei gewonnenen Prozentzahlen in der Tabelle 9 vereinigt. Sie zeigt uns, daß bei allen Tieren und in allen Abschnitten des Magens eine Zunahme stattgefunden hat. Manchmal ist sie nicht beträchtlich, aber sie ist doch stets vorhanden. In einem Falle (Pferd 6) ist sie außerordentlich groß.

Diese Zunahme zeigt uns, daß in den untersuchten Preßsäften und damit auch im Mageninhalte Fermente enthalten waren, die Eiweiß zu durch Kaolin nicht mehr ausfällbaren Produkten abbauten. Diese Produkte sind zu den Albumosen und Peptonen zu rechnen, gehören also zu den Produkten der Magenverdauung. Ob sie in unseren Fällen durch die Wirkung von Pepsin und Salzsäure, von Nahrungsmittelfermenten oder Bakterienfermenten gebildet worden sind, ist gleichgültig. Sie sind auf Grund von Vorgängen gebildet worden, die auch im Magen während der Verdauung ablaufen.

Was die Mitwirkung von Bakterien anlangt, so sei ausdrücklich betont, daß in keinem Falle Fäulnis oder Entwicklung von Bakterienmengen festgestellt werden konnte. Die Flüssigkeiten zeigten durchweg dieselbe äußere Beschaffenheit vor und nach dem Versuch.

Tabelle 9.

Verteilung der proteolytischen Wirkung im Mageninhalt.

No.	Zeit des Versuches	Zeit der Zunahme des unkoagulablen Eiweiß in der Magenflüssigkeit nach Autodigestion in Prozenten seiner ursprünglichen Menge vor der Autodigestion					
		Ösophagealer Magenabschnitt		Fundusportion		Pylorusportion	
		nach 12 Std.	nach 24 Std.	nach 12 Std.	nach 24 Std.	nach 12 Std.	nach 24 Std.
16	4 Uhr nüchtern	13	19	18	20,3	7,1	18
4 Uhr: Erste Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel							
17	5 Uhr . . . .	3,1	6,2	13,3	18,3	11,8	21,6
3	5 „ . . . .	6,4	11	24,8	30,4	4	24,2
5 Uhr: Getränkaufnahme							
5	5 Uhr 20 Min.	7,2	17,4	6,7	10,8	3,6	18
6	5 „ 20	136,6	221,9	34,5	96,4	2,8	42,9
8	6 „ . . . .	6,5	10,4	13,2	16,5	8,8	13,8
9	6 „ . . . .	11,6	15,1	7,6	15,2	3,9	9,8
6 Uhr: Heuration: 750 g Heu							
10	6 Uhr 45 Min.	10,2	14,5	17,8	21,5	23,5	35,3
12	7 „ . . . .	8,4	16,8	4,3	11,6	13,5	16,2
13	9 „ . . . .	5,1	10,3	8,3	23,1	11,8	18,1
18	9 „ . . . .	3,7	18,5	3,4	8,6	0	7,4
14	11 „ . . . .	6,9	14,6	25,4	32,5	15,8	24,6
15	1 Uhr . . . .	6,4	12,8	7	12,2	15,3	25,4
12 Uhr: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel							
20	1 Uhr . . . .	16,4	28	10,8	26,1	10,6	27,7

Wir erkennen aus diesen Versuchen die Berechtigung unserer vorher gezogenen Schlüsse, daß während der Tageszeit im niemals leeren Magen des normal gefütterten Pferdes dauernd an allen Stellen Eiweiß gespalten wird. Wechsel in der Intensität der Spaltung und den sie bewirkenden Ursachen, ferner regionäre und zeitliche Unterschiede sind hingegen stets vorhanden und nachweisbar.

10. Ablauf der Kohlehydratverdauung im Magen.

Wir haben in der Einleitung bemerkt, daß im Pferd Magen die Kohlehydratverdauung nach der Aufnahme einer Mahlzeit in den leeren Magen noch lange, ja sogar mehrere Stunden anhält. Während dieselbe anfangs als vorherrschender, in den ersten Minuten vielleicht sogar als einziger Verdauungsvorgang an allen Stellen des Magens abläuft, wird sie später infolge der ansteigenden Salzsäurekonzentration des Mageninhalt nach und nach auf die in der ösophagealen Magenabteilung lagernden Inhaltmassen zurückgedrängt. Schließlich aber erst nach mehr als 12stündiger Verdauung, während welcher aber eine neue Nahrungsaufnahme nicht erfolgt sein darf, kann sie vielleicht auch hier verschwinden. Unter den von uns eingehaltenen normalen Fütterungsverhältnissen werden wir ein derartiges Aufhören der Amyolyse nicht erwarten dürfen, da, wie Ellenberger und Hofmeister<sup>44-46)</sup> gezeigt haben, 10 Stunden nach der Nahrungsaufnahme noch amyolytische Vorgänge im Magen ablaufen. Da diese bei der Nahrungsaufnahme in den neu eintretenden, mit diastasehaltigem Speichel durchtränkten Nahrungsmassen von neuem und energisch beginnen, muß man also erwarten, daß im Magen des normal gefütterten Pferdes die Kohlehydratverdauung niemals ganz verschwindet, sondern dauernd abläuft.

Dabei wird nach den Erfahrungen von Ellenberger und Hofmeister zu erwarten sein, daß in den länger schon im Magen liegenden Inhaltsteilen infolge der schon weiter fortgeschrittenen Durchsäuerung die amyolytischen Vorgänge

44) Ellenberger und Hofmeister, Über die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes. Archiv für wissenschaftl. und praktische Tierheilkunde 1882, Bd. VIII, H. 6.

45) Dieselben, Über die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes. Archiv für wissenschaftl. und praktische Tierheilkunde, Bd. X, S. 328.

46) Dieselben, Die Unterschiede zwischen dem Inhalte des sogenannten Vormagens und des eigentlichen Magens des Pferdes. Kgl. Bericht über das Veterinärwesen im Königreich Sachsen 1885, S. 36.

geringer sind als in den neu hereingelangten. Da eine Durchmischung des Mageninhaltes nicht zustande kommt, werden wir also bei normaler Fütterung einen Mageninhalt haben, in dem an einer Stelle vorherrschend Amylyse, an einer anderen, an der vorwiegend alte Inhaltsteile liegen, nur geringgradige Amylyse abläuft.

Um zunächst einen Überblick über die Stärkeverdauung zu gewinnen, wurde die Verteilung des wichtigsten Abbauproduktes (Tabelle 10) der Kohlehydratverdauung (des Zuckers) im Mageniuhalt und in seinen einzelnen Regionen ermittelt. Es zeigte sich dabei, wie auch nach den thoretischen Voraussetzungen zu erwarten war, daß sich in der ösophagealen Abteilung meist der größte Zuckergehalt fand. Diese Abteilung ist ja auch der Ort der Kohlehydratverdauung beim Pferde und ist hierfür durch die anatomischen Verhältnisse in hervorragender Weise geeignet. Der prozentische Zuckergehalt der Inhalte der Fundus- und Pylorusdrüsenregion ist meist geringer, am geringsten ist er fast regelmäßig im Antrum pylori.

Einen tieferen Einblick in den Umfang der Kohlehydratverdauung in den einzelnen Magenabschnitten können uns diese Zahlen nicht gewähren, da man nicht beurteilen kann, ob die darin befindlichen Zuckermengen wirklich als Verdauungsprodukte dort entstanden sind. Hierüber kann uns allein die Untersuchung des Diastasegehaltes der Inhaltmengen ein Einblick geben.

Wir verfahren dabei, wie früher erwähnt, derart, daß wir die Inhaltmengen der einzelnen Magenabteilungen mit einer hydraulischen Presse auspreßten, und die Preßsäfte nach ihrer Filtration auf ihren Diastasegehalt untersuchten. Es gelangte also ein Gemisch der in der betreffenden Magenabteilung befindlichen Flüssigkeit zur Untersuchung, und wir stellten fest, ob in derselben ein wirksames diastatisches Ferment vorhanden sei. Es muß betont werden, daß bei negativem Befunde nicht der Beweis erbracht ist, daß ein diastatisches Ferment gefehlt hat, da an verschiedenen Stellen derselben Magenabteilung sehr wohl verschiedene Reaktionsverhältnisse geherrscht haben können, so daß an einigen Stellen diastatische Vorgänge möglich waren, an anderen aber infolge hoher Säurekonzentration nicht. Wir heben dies deshalb besonders

**Tabelle 10. Menge und Prozentgehalt des Zuckers der einzelnen Abteilungen.**

No.	Beginn aller Versuche 4 Uhr morgens	Ende des Versuches Stunde der Tötung	Ösophageale Abteilung				Fundusabteilung				Pylorusabteilung					
			Menge des Inhaltes		Zuckermenge		Menge des Inhaltes		Zuckermenge		Menge des Inhaltes		Zuckermenge			
			g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%		
16	4 Uhr nüchtern		3160	26,8	0,85	3050	17,2	0,56	840	3,23	0,38					
													4 Uhr: Morgenmahzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel			
1	4 Uhr 45 Min.		2320	16,5	0,71	3550	24,3	0,68	820	2,38	0,29					
2	5 "		6950	75,2	1,08	5570	39,66	0,71	1210	—	—					
17	5 "		3260	8,74	0,27	4170	21,68	0,52	2350	9,87	0,42					
3	5 "		3150	25,83	0,84	4390	29,52	0,67	1120	6,81	0,61					
													5 Uhr: Getränkeaufnahme			
4	4 Uhr 45 Min.	direkt nach dem letzten Schluck	650	3,65	0,56	9760	34,83	0,36	1440	4,24	0,29					
5	5 "		1550	35,96	2,32	2550	53,04	2,08	650	20,02	0,31					
6	5 "		7250	53,94	0,74	5960	28,37	0,47	1290	5,67	0,43					
7	5 "		1730	13,84	0,80	6700	27,05	0,40	750	4,50	0,60					
8	6 "		2395	18,87	0,79	2800	15,1	0,54	815	3,78	0,46					
9	6 "		3335	29,55	0,89	4605	19,52	0,42	1420	4,08	0,28					
													6 Uhr: Heuraut: 750 g Heu			
10	6 Uhr 45 Min.		2650	25,55	0,96	2070	21,11	1,02	1210	10,41	0,86					
11	6 "		2420	38,57	1,59	3280	44,08	1,35	1005	9,41	0,94					
12	7 "		1215	7,04	0,58	2200	10,56	0,48	660	4,01	0,61					
13	9 "		3980	34,03	0,86	2140	14,23	0,67	1160	9,2	0,8					
18	9 "		4420	43,32	0,98	3920	26,19	0,67	990	3,69	0,37					
14	11 "		1215	7,04	0,58	2200	10,56	0,48	660	4,01	0,61					
15	1 Uhr		1780	20,9	1,18	2120	17,64	0,83	580	5,4	0,93					
19	1 "		1100	6,51	0,59	940	2,03	0,22	230	0,75	0,33					
													12 Uhr: Mittagsmahzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel			
20	1 Uhr		1920	8,14	0,42	4880	22,45	0,46	1820	7,28	0,40					

hervor, weil wir, wie wir schon mehrfach erwähnt haben, sehr oft eine Schichtung alkalischer oder neutraler, frisch abgeschluckter Nahrungsanteile auf ältere, die stark sauer reagierten, gefunden haben. Bei der Herstellung des Preßsaftes tritt natürlich eine Vermischung der Inhaltsmassen ein, die die ursprüngliche Reaktion nicht mehr erkennen läßt.

Unsere zahlreichen Versuche, die bei den ersten Pferden noch keine quantitativ verwertbaren Resultate lieferten, da die Methodik erst erprobt und vervollkommenet werden mußte, lassen uns wiederum die ösophageale Magenabteilung als den Ort der Kohlenhydratverdauung erkennen. Wir fanden in der Vormagenabteilung stets ganz erhebliche Diastasewirkung, in der Fundusdrüsenregion war sie geringer, am geringsten im Antrum pylori. Hervorgehoben muß werden, daß das Tränken, soweit man aus den quantitativen Versuchen 6—11 schließen kann, keine deutliche Verminderung der diastatischen Wirkung hervorgerufen hat. Vorher wie nachher fanden wir eine ungefähr gleich kräftige diastatische Wirkung. Es bestätigt das unsere Befunde, nach denen durch das Trinkwasser ein Hinausspülen oder Auswaschen des Mageninhaltes nicht stattfindet.

Am wichtigsten erscheint uns aber die Tatsache, daß bei allen unseren Tieren Kohlenhydratverdauung im Magen festgestellt werden konnte. Es kommt also beim Pferde, sofern es in den üblichen Zeitabschnitten gefüttert wird, im Magen niemals zu einer reinen und alleinigen Proteolyse, vielmehr ist meist im ganzen Magen, mindestens aber in der ösophagealen Abteilung Amylolyse vorhanden, es scheint sich also die Magenverdauung dauernd im Stadium der gemischt proteolytisch-amylytischen Periode zu befinden. Auch Ellenberger und Hofmeister hielten das Auftreten einer rein proteolytischen Periode beim normal gefütterten Tiere für unwahrscheinlich. Diese nunmehr festgestellte Tatsache ist natürlich für die Verdauung der Stärke, die ja einen sehr erheblichen und wichtigen Bestandteil der Nahrung der Pferde darstellt, von außerordentlicher Bedeutung und damit auch für die Ernährung der Tiere wichtig.

Tabelle II.

Nachweis der Wirkung des diastatischen Fermentes\*).

No.	Beginn aller Versuche 4 Uhr morgens	Preßsäfte der Inhalte der					
		ösophagealen Abteilung		Fundusabteilung		Pylorusabteilung	
		Dauer des Aufenthaltes im Brutofen					
	Stunde der Tötung	2 Std.	4 Std.	2 Std.	4 Std.	2 Std.	4 Std.
16	4 Uhr nüchtern	20	31,3	< 5	5	< 5	5
4 Uhr: Morgenmahlzeit: 1500 g Hafer und 200 g Häcksel							
1	4 Uhr 45 Min.	stark		mittel		schwach	
2	5 " . . . . .	5 " . . . . .		12,5 " 20		< 5 " < 5	
17	5 " . . . . .	12,5 " 20		< 5 " < 5		7,8 " 12,5	
3	5 " . . . . .	stark		mittel		schwach	
5 Uhr: Getränkaufnahme							
5	5 Uhr 20 Min.	stark		mittel		schwach	
6	5 " 20 " . . . . .	31,2 Maximum		< 5   5		0   0	
8	6 " . . . . .	Maximum		5   7,8		< 5   5	
9	6 " . . . . .	"		5   7,8		< 5   5	
6 Uhr: Heufaufnahme: 750 g Heu							
10	6 Uhr 45 Min.	Maximum		15	20	7,8	15
11	6 " 45 " . . . . .	"		15	20	< 5	5
12	7 " . . . . .	20	31,3	12,5	20	12,5	12,5
13	9 " . . . . .	31,3	50	20	31,3	12,5	20
18	9 " . . . . .	7,8	12,5	minimale Wirkung		Maximum	
14	11 " . . . . .	Maximum		Maximum		Maximum	
15	1 Uhr . . . . .	20	31,3	7,8	12,5	5	7,8/12,5
12 Uhr: Mittagmahlzeit: 2000 g Hafer und 200 g Häcksel							
20	1 Uhr . . . . .	20	Maximum	< 5	7,8	< 5	5

Schon im Magen wird dauernd Stärke verdaut und Zucker gebildet, so daß mit der Magenentleerung schon weitgehend vorbereitetes Material in den Darm gelangt, dessen Arbeit dadurch auch bezüglich der endgültigen Vollendung der Stärkeverdauung wesentlich erleichtert wird.

\*) Die Zahlen geben die Anzahl Kubikzentimeter 1% iger Stärkelösung an, die bei 40° in 2 bzw. 4 Stunden von 1 ccm rohem Preßsaft zu Dextrinen abgebaut wurden.

Am Schlusse der Schilderung unserer umfangreichen Untersuchungen angekommen, wird es zweckmäßig sein, die Ergebnisse derselben zusammenfassend zu betrachten und aus ihnen die Schlüsse zu ziehen, die für die theoretische Auffassung des Ablaufes der Magenverdauung der Herbivoren mit einhöhligen Magen einerseits und für die Praxis der Fütterung andererseits von Wichtigkeit sind.

## 11. Allgemeine zusammenfassende Betrachtung.

Die Aufgaben, die wir durch unsere Versuche zu lösen beabsichtigten, sind im 2. Kapitel der Arbeit (S. 7) aufgezählt worden, und es erscheint geboten, sie zunächst der Reihenfolge nach zu beantworten.

1. Wie wir in der Einleitung gesehen hatten, verläuft nach Ellenbergers Arbeiten die Verdauung einer Mahlzeit in gewissen Perioden, sofern diese Mahlzeit in den leeren Magen gelangt.

Bei unseren in bestimmten Zeitabschnitten regelmäßig, und wie unter den gewöhnlichen Verhältnissen üblich, gefütterten Tieren kann das Auftreten mehrerer verschiedener Perioden der Magenverdauung nicht beobachtet werden. Die Tiere befinden sich vielmehr dauernd im Zustande der gemischt proteolytisch-amyolytischen Periode, während der im Magen gleichzeitig Eiweiß und Stärke verdaut werden. Der Beweis hierfür ist darin zu erblicken, daß stets in allen Teilen des Magens Verdauungsprodukt des Eiweiß (Albumosen und Peptone) und der Stärke (Zucker usw.) gefunden werden und daß die aus dem Mageninhalt auspreßbare Flüssigkeit (die Magenflüssigkeit) sowohl Eiweiß als auch Stärke spaltende Fermente enthält.

a) Die Frage, ob bei Einhaltung der üblichen regelmäßigen Mahlzeiten überhaupt jemals eine rein amyolytische Periode im ganzen Magen zustande kommt, ist zu verneinen. Die Ursache hierfür liegt darin, daß der Magen beim normal

gefütterten Tier niemals leer wird, sondern stets noch Reste älterer Mahlzeiten enthält. Bei der Aufnahme einer neuen, der üblichen Ration entsprechenden Mahlzeit werden diese Reste nun nicht etwa entfernt, sondern verbleiben zu einem mehr oder minder großen Teile im Magen. Diese alten Reste befinden sich aber stets im Stadium der proteolytisch-amyolytischen Periode. Die neu aufgenommene Nahrung überschichtet die alten Inhaltsmengen, erfüllt also niemals allein den Magen, was die unerläßliche Voraussetzung einer rein amyolytischen Periode im ganzen Magen wäre. Dies schließt nicht aus, daß die neu aufgenommene Nahrung sich einige Zeit im Stadium der reinen Amyolyse befindet.

b) und c) Mit den vorstehenden Darlegungen ist auch die Frage nach der Dauer der Amyolyse und dem Auftreten einer rein proteolytischen Periode beantwortet. Wir finden stets Amyolyse im Magen, niemals kommt eine rein proteolytische Periode zustande. Dieses Ergebnis war vorauszusehen, da schon Ellenberger und Hofmeister bis in die 10. Verdauungsstunde amyolytische Vorgänge im Magen nachweisen konnten und das Zustandekommen einer rein proteolytischen Periode nur nach 12stündiger und länger wählender Verdauung folgerten bzw. vermuteten. Sie betonen mehrfach, daß bei gewohnter Fütterungsweise der Magen niemals leer wird. Bei in den üblichen regelmäßigen Zwischenräumen gefütterten Pferden kommt es aber niemals zu einer so weit gehenden Durchsäuerung des Mageninhaltes mit Salzsäure, daß die amyolytischen Vorgänge völlig unterbrochen werden. Selbst 10 Stunden nach der Mahlzeit (Pferd 16 getötet früh nüchtern) fanden wir ebenso wie Ellenberger und Hofmeister amyolytische Vorgänge\*).

\*) Auch die Konzentration der Gärungsmilchsäure wird niemals so hoch, daß die amyolytischen Vorgänge verschwinden. Milchsäure verhindert die Amyolyse, wie Ellenberger und Hofmeister gezeigt haben, erst bei einer die dazu nötige Salzsäurekonzentration um das 10fache übertreffenden Konzentration. Die Speicheldiastase wirkt deshalb auch im sauer reagierenden Mageninhalt weiter, wenn die saure Reaktion, wie dies besonders in der Ösophagealen Vormagenabteilung der Fall ist, durch Milchsäure bewirkt wird.

Wohl aber ist die Ausbreitung der amyolytischen Vorgänge im Mageninhalt keine gleichmäßige, in der rechten pylorusseitigen Magenhälfte sind sie häufig nur unbedeutend und fehlen manchmal sogar ganz, so daß hier reine Proteolyse besteht. Diese Tatsache erklärt sich aus dem Bau des Magens und der Magenschleimhaut und der Art der Anfüllung des Magens, bei der die neu eintretenden Mahlzeiten in erster Linie wesentlich von der linksseitigen Vormagenabteilung aufgenommen werden.

Durch diese Befunde sind die im Magen des regelrecht gefütterten Pferdes ablaufenden Vorgänge dahin gekennzeichnet, daß die gleichzeitig ablaufende Proteolyse und Amyolyse nach den jeweiligen chemischen Verhältnissen des Mageninhaltes an verschiedenen Stellen desselben sehr verschiedene Intensität und Ausbreitung besitzen (regionäre Verschiedenheiten). Diese regionären Verschiedenheiten sind wieder zeitlich verschieden je nach der Zeit, die seit der Nahrungsaufnahme verstrichen ist.

2. Die Frage, wie der Ablauf der Magenverdauung und speziell die gerade herrschenden Perioden durch die Neuaufnahme von Futtermitteln beeinflusst wird, erfährt durch unsere Ergebnisse eine ganz eigenartige Beantwortung. Es zeigt sich nämlich, daß die Veränderung der Magenverdauung durch die Neuaufnahme einer Mahlzeit durchaus nicht so beträchtlich und in die Augen fallend ist, wie man annehmen könnte, und wie auch wir erwartet hatten. Es ist dies sicher darauf zurückzuführen, daß die älteren im Magen vorhandenen Inhaltsteile, deren Menge oft recht erheblich ist (Tabelle 1), mit den in ihnen ablaufenden Vorgängen oft dominieren.

Beeinflusst werden nur vorübergehend die Reaktionsverhältnisse derart, daß infolge von Neutralisation von Magensäure durch das Alkali des Speichels nach der Mahlzeit dort, wo sich die größte Menge des neuen Inhaltes befindet (links, in der Vormagenabteilung) eine neutrale bis alkalische Reaktion eintritt, die aber nur kurze Zeit besteht

und bestimmte Vorgänge bedingt. Ferner darf nach Tabelle 11 ein geringer Einfluß der Aufnahme neuer Mahlzeiten auf die Stärkeverdauung angenommen werden, derart, daß sich eine Steigerung der amyolytischen Vorgänge im Magen bemerkbar macht.

Natürlich müssen wir immer daran denken, daß der Mageninhalt geschichtet ist, daß sich also die in der neu eingetretenen, auf die alte aufgeschichteten Nahrung ablaufenden besonderen Vorgänge darin viel deutlicher ausprägen, als dies aus unseren Versuchen hervorgehen kann. Wir haben immer nur ein Gemisch untersucht, dessen größte Gleichmäßigkeit wir anstreben müssen, wenn wir überhaupt brauchbare Resultate erhalten wollen. In der Wirklichkeit gibt es kein solches Gemisch und keine solche Gleichmäßigkeit, vielmehr ist dort dieselbe Masse unter Einwirkung zahlreicher verschiedener Faktoren kunstvoll geschichtet und geordnet und in jedem Teilchen derselben laufen etwas andere Vorgänge als in anderen Teilchen ab. Bemerkenswert ist, daß wir einen Einfluß der Aufnahme neuer Nahrung auf die Eiweißverdauung im ganzen nicht feststellen konnten und auch eine Beeinflussung der Stärkeverdauung nicht sehr deutlich zu beobachten war. Aus den eben dargelegten Gründen ist die Ursache dieser Ergebnisse in der Methodik zu suchen, die es nicht gestattet, die Lagerungs- und Schichtungsverhältnisse im Magen so zu berücksichtigen, wie es nötig wäre, um in dem Komplex von räumlich getrennten Vorgängen jeden einzelnen für sich zu verfolgen.

3. Die Befunde, die wir über den Einfluß des Tränkens auf die Magenverdauung erhielten, sind von weittragender Bedeutung und lassen die Frage nach dem Forttransport des getrunkenen Wassers in einem ganz neuen Lichte erscheinen.

Zunächst zeigen unsere zahlreichen Untersuchungen über die Eiweiß- und Stärkeverdauung, daß diese durch den Genuß von Wasser in beliebiger Menge in keiner Weise störend beeinflusst werden. Es liegt, wie betont sei, keine Beobachtung

vor, die die Annahme einer störenden Beeinflussung durch das Trinken rechtfertigen würde. Ein Einfluß auf die Zusammensetzung des Mageninhaltes ist allerdings festzustellen, und zwar findet im Anschluß an das Trinken eine gewisse Erhöhung des Wassergehaltes des Mageninhaltes statt. Diese Erhöhung ist aber nicht bedeutend und wird nur von einem Bruchteil der getrunkenen Wassermenge hervorgerufen. Sie ist als unbedeutend deshalb zu verzeichnen, weil sie höchstens 10 % gegenüber der Norm beträgt und eine solche Erhöhung auch ohne Trinken durch andere Fütterungsart (Heu nach Ellenberger und Hofmeister) oder durch körperliche Bewegung (Scheunert) auftreten kann. Ferner ist trotz dieser Erscheinung eine Veränderung der Vorgänge im Mageninhalte und seines Gehaltes an Verdauungsprodukten nicht festzustellen.

a) und b) Die Frage, wie lange der Einfluß, in unserem Falle also die im Magen verbliebene Wassermenge, noch festzustellen ist, ist dahin zu beantworten, daß offenbar in relativ kurzer Zeit eine völlige Entleerung des Wassers erfolgt. Die Art und Schnelligkeit der Entleerung ist von der Individualität, den Füllungsverhältnissen des Magens und wohl auch von der Beschaffenheit des Mageninhaltes abhängig (vgl. auch Tabelle 2). Wir fanden in einem Falle schon 10 Minuten nach dem Trinken (Pferd 23) den normalen Wassergehalt, in einem anderen Falle aber noch nach einer Stunde eine Erhöhung um 10 % (Pferd 28). Nach 1—2 Stunden dürften Reste des Tränkwassers im allgemeinen entfernt sein. Unterstützend hierauf wirkt erneute Nahrungsaufnahme, denn nach der eine Stunde nach dem Trinken erfolgten Heuaufnahme war bei unseren Pferden durchweg ein Wassergehalt des Mageninhaltes zu beobachten, der nicht mehr als erhöht bezeichnet werden kann.

c) Der schnelle Abtransport des Wassers aus dem Magen geht daraus hervor, daß selbst bei den Tieren, die

sofort nach dem letzten Schluck getötet worden waren, niemals mehr die gesamte oder ein auffallend großer Teil der getrunkenen Wassermenge im Magen gefunden wurde. Man muß deshalb ebenso, wie dies für den Hund schon länger bekannt ist, annehmen, daß ein erheblicher Teil des Wassers den Magen schnell durchweilt. Unsere diesbezüglichen Versuche zeigen, daß dies in der Tat auch beim Pferde geschieht, und zwar ohne gleichzeitige Entfernung von Mageninhalt. Das Wasser nimmt seinen Weg vom Ösophagus zwischen Magenwand und Inhalt, wobei es den Inhalt umspült. Hierbei dringt es mehr oder weniger tief in den Inhalt ein, es kann ihn sogar gänzlich durchdringen, was bei geringer Magenfüllung die Regel zu sein scheint. Der größte Teil des den Magen verlassenden Wassers scheint direkt vom Ösophagus zum Pylorus entlang der kleinen Kurvatur, an den Seitenwänden und entlang der großen Kurvatur zu fließen. Nur ein kleiner Teil, und auch dieser nur bei reichlicher Wasseraufnahme, umspült den in der Vormagenabteilung gelegenen Inhalt.

Nach seinem Eintritt in den Darm verteilt sich das Tränkwasser im Dünndarm, von ihm gelangt aber vor  $\frac{3}{4}$  bis 1 Stunde nichts in den Blinddarm. Die ältere Anschauung, daß das Wasser sofort nach wenigen Minuten im Coecum angelangt sei, ist als widerlegt zu betrachten. Die Länge des vom Tränkwasser rasch durchweilten Darmabschnittes ist abhängig von der Wassermenge. Je mehr Wasser aufgenommen worden ist, desto größer ist die im Anschluß an das Trinken in den Darm eintretende Menge und um so länger die Dünndarmstrecke, die es erfüllt. Den Grund dafür, daß das Wasser nicht sogleich bis in den Enddarm vorschreitet, erblicken wir in der Resorption des Wassers durch die Darmwand. Diese stellt den Regulator dar, indem sie nach der raschen Entleerung des Wassers aus dem Magen dem raschen Vordringen ein Ziel setzt.

Aus diesen Ergebnissen, die uns einen weitgehenden Einblick in den Ablauf der Vorgänge im Magen eines in üblicher Weise gefütterten Pferdes vermitteln, ergeben sich zahlreiche für Theorie und Praxis wichtige und beachtliche Folgerungen, die im folgenden in einzelnen Sätzen aufgezählt seien.

1. Der Magen eines in den im praktischen Leben üblichen zeitlichen Zwischenräumen gefütterten Pferdes wird niemals leer.

2. Es finden sich in ihm stets von den vorhergehenden, wohl auch von mehreren Mahlzeiten herstammende Anteile vor. Ihre Menge ist oft sehr beträchtlich und zuweilen größer als die einer neu aufgenommenen Mahlzeit.

3. Die Füllung des Magens ist meist bedeutend. Inhaltsgewichte von 9 kg und darüber sind die Regel, aber sogar Gewichte von 10 kg bis 15 kg sind nicht allzu selten. Der Magen vermag danach sehr wohl eine selbst reichliche Mahlzeit zu fassen. Wenn trotzdem stets ein Teil neu aufgenommener Nahrung sofort zum Pylorus und in den Darm gelangt, so darf dies nicht auf ein allzu geringes Fassungsvermögen zurückgeführt werden; es erklärt sich aus der Mechanik der Magenbewegungen.

4. Es laufen im Magen dauernd, in ihrer Gesamtheit betrachtet, nahezu die gleichen Vorgänge ab. Es werden gleichzeitig Eiweißkörper und auch Kohlehydrate verdaut, wobei aber sowohl in qualitativer wie in quantitativer Hinsicht große regionäre und zeitliche Verschiedenheiten bestehen.

5. Diese Verdauungsvorgänge weisen in ihrem Endeffekt eine beachtenswerte Gleichmäßigkeit auf, indem zu jeder Zeit der Mageninhalt nahezu den gleichen prozentischen Gehalt an Verdauungsprodukten aufweist, wenn dabei auch sehr große regionäre Unterschiede bestehen.

6. Der Magen des Pferdes sorgt also nicht nur durch seine grob mechanische Tätigkeit (Magenbewegungen) für eine geregelte gleichmäßige Beschickung des Darmes mit neuem für die weitere Verdauung bestimmten Material, sondern tut

dies auch durch seine sonstige Tätigkeit, indem er Zusammensetzung und Mengenverhältnisse der in ihm enthaltenen Verdauungsprodukte in nahezu konstanten Verhältnissen erhält.

7. Die Aufnahme von Wasser veranlaßt keinerlei deutlich wahrnehmbaren Veränderungen in diesen Verhältnissen, in Sonderheit findet keine Ansschwemmung des Mageninhaltes statt.

8. Für die Fütterung des Pferdes ergibt sich hieraus, daß die zeitliche Aufeinanderfolge der Mahlzeiten in Pausen von bestimmter Dauer eine allzu große Bedeutung für die Magenverdauung nicht besitzt. Wir entnehmen dies aus der großen Gleichmäßigkeit, die die Vorgänge und der Gehalt an Verdauungsprodukten im Mageninhalt aufweisen.

Hiermit soll natürlich nichts gegen den altbekannten Wert der Regelmäßigkeit der Futterzeiten geschlossen, sondern nur betont werden, daß gelegentliche Abweichungen und auch dauernde Einführung anderer Mahlzeitsfolgen auf die Magenverdauung ohne eine ihren Erfolg gefährdende Einwirkung sein dürfte. Daß dabei die diätetischen Regeln nicht außer Acht gelassen werden dürfen, ist selbstverständlich.

9. Für das Tränken gilt dasselbe. Für den Verlauf der Magenverdauung ist es belanglos, wann getränkt wird und wieviel Wasser aufgenommen wird und ob vor oder nach der Mahlzeit oder später getränkt wird. Die Zweckmäßigkeit der den natürlichen Bedürfnissen der Tiere entsprechenden Selbsttränkanlagen erhält durch unsere Ergebnisse eine entscheidende Bestätigung.

10. Für die Verabreichung gelöster Arzneimittel ist es wichtig zu wissen, daß nur ein Teil der Flüssigkeit für einige Zeit im Magen zurückbleibt und daß nur bei wenig gefülltem Magen eine innigere Vermischung mit dem Inhalt mit einiger Sicherheit erwartet werden kann. Ein sehr großer Teil geht nach dem Darm und gelangt sehr rasch zur Aufsaugung.