

Über die Verdauung des Pferdes bei Maisfütterung.

Von

Arthur Scheunert und Walther Grimmer.

(Aus der physiologisch-chemischen Abteilung der tierärztlichen Hochschule zu Dresden.
(Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Ellenberger.)

(Der Redaktion zugegangen am 18. Januar 1906.)

Vor ungefähr 20 Jahren sind in dieser Zeitschrift (Bd. X und XI) einige Abhandlungen von Goldschmidt erschienen, die die Art des Fortschreitens und die Ausgiebigkeit der Verdauung im Magen des Pferdes behandelten. Die diesen Arbeiten zugrunde liegenden Untersuchungen sind von Goldschmidt seinerzeit auf Anregung und unter Leitung von Ellenberger im hiesigen physiologischen Institut ausgeführt worden und sollten einen Teil jener großen Reihe von Experimentaluntersuchungen bilden, die im Laufe der 80iger Jahre über die Verdauungsvorgänge, Verdauungssäfte und den Bau der Verdauungsorgane der Haustiere von Ellenberger¹⁾ und seinen Mitarbeitern, unter denen besonders V. Hofmeister zu nennen ist, sowohl in histologischer, wie in physiologisch-chemischer Hinsicht durchgeführt worden sind und als grundlegend in diesen Fragen angesehen werden müssen.

Die Untersuchungen sind im Laufe der Jahre fortgesetzt worden, wobei aber bei den Pferden als Versuchsfutter früher nur Hafer zur Anwendung gelangte. Da nun bei ähnlichen Untersuchungen in unserem Institute über die Verdauungsvorgänge der anderen Haustiere stets mehrere Futtermittel als Versuchsfutter verwendet worden sind, z. B. beim Schweine: Hafer, Fleisch, Kartoffeln, beim Hunde: Reis und Fleisch, und hierbei erkannt wurde, daß eine genaue Kenntnis der Verdauungsvorgänge nur durch möglichst zahlreiche Untersuchungen

¹⁾ Arch. f. wissenschaftl. und prakt. Tierheilkunde, Bd. VII—XII.

an vielen Individuen und unter Anwendung verschiedener Nahrungsmittel erzielt werden kann, erschien es zweckmäßig, auch die Verdauungsvorgänge des Pferdes noch bei Futtermitteln mit einer von der des Hafers verschiedenen chemischen Zusammensetzung zu studieren. Auf Veranlassung von Herrn Geheimrat Ellenberger wählten wir hierzu den Mais, dessen Wahl auch noch dadurch begründet erschien, daß er in den meisten Gegenden Süd- und Osteuropas als Futtermittel für Pferde verwendet wird und in neuerer Zeit auch bei uns als Körnerfutter Anwendung findet.

Schon die vergleichende Betrachtung der chemischen Zusammensetzung von Mais und Hafer zeigt deutlich, daß eine gleichartige Verarbeitung und Verwertung beider im Verdauungskanal nicht erwartet werden kann. Wenngleich beide Futtermittel einen annähernd gleichen Fettgehalt (4—5%) besitzen, so sind die Unterschiede in den Mengenverhältnissen der übrigen Bestandteile doch recht erheblich. Der Hafer enthält an Proteinstoffen 1—1½% mehr, an Kohlehydraten hingegen 10% weniger als Mais. Ganz erheblich ist endlich der Unterschied im Rohfasergehalt, von welchem Bestandteil der Hafer im allgemeinen 8% mehr enthält. Dieser Reichtum an Kohlehydraten, die Armut an Rohhafer und Eiweißstoffen lassen es wahrscheinlich erscheinen, daß die Verdauungsvorgänge bei Maisfütterung in anderer Weise als bei Haferfütterung ablaufen werden.

Unsere Untersuchungen sollten darüber Aufschluß geben, ob dies wirklich der Fall ist, und wodurch sich die Verdauungsvorgänge bei Maisfütterung von denen bei Haferfütterung unterscheiden. Ferner sollten sie zeigen, ob die bei den Untersuchungen in unserem Institute zuerst festgestellten zeitlichen und regionären Verschiedenheiten der Verdauungsvorgänge im Magen, die Reaktionsverhältnisse und anderes auch bei Maisfütterung vorhanden sind, und weiterhin klarlegen, wie bei Maisfütterung der Übergang vom Magen in den Darm und das Fortrücken daselbst stattfindet und wie sich die Dauer und Ausgiebigkeit der Verdauung von Mais gegenüber der von Hafer gestaltet. Es ist selbstverständlich und bedarf keiner besonderen Erwähnung, daß wir nebenbei auch anderen Fragen, die sich bei

unseren Versuchen ergaben, nachgegangen sind. So haben wir auch versucht, einen Weg zu finden, um die im Gefolge der Maisfütterung häufig auftretenden Krankheitserscheinungen zu erklären, die sich unter anderem in die Leistungsfähigkeit beeinträchtigenden Ernährungs- und Verdauungsstörungen äußern, die oft zu Koliken, welche mit Magen- und Darmzerreißen verbunden sind, führen.

Gang der Untersuchung.

Unsere Untersuchungen wurden nach der von Ellenberger und Hofmeister¹⁾ ausgearbeiteten und in unserem Institute immer angewandten Methode ausgeführt und besondere Änderungen schon deshalb vermieden, um mit den früheren Versuchen bei Haferfütterung vergleichbare Resultate erhalten zu können. Zur Verwendung kamen insgesamt 19 Pferde, für deren Auswahl eine möglichst übereinstimmende Körperbeschaffenheit (Ernährungszustand) und nahezu gleiches Alter ausschlaggebend waren. Diese Vorsicht erwies sich als notwendig, da, wie der eine von uns an anderer Stelle gezeigt hat,²⁾ die individuellen Differenzen der einzelnen Tiere von ganz erheblichem Einflusse auf die Verdauungsvorgänge sind. Die Pferde erhielten zunächst eine Probemahlzeit von 1500 g Mais (der gleichen Menge, die beim eigentlichen Versuche vorgelegt wurde), wobei genau auf die Art und Dauer der Nahrungsaufnahme geachtet wurde. Solche Tiere, die, wie es sehr häufig vorkam, den Mais nur widerwillig oder nur zum Teil fraßen, wurden ausgeschaltet und nur die Pferde zu den Versuchen verwendet, bei denen irgendwelche Abnormitäten (zu langsames Fressen, übermäßiges Speicheln, Abneigung gegen das Maisfutter) nicht beobachtet werden konnten. Diese Tiere wurden zunächst einige Tage bei normaler Fütterung, Hafer und Heu, gehalten, um etwa von früher her bestehende, akute Verdauungsstörungen zu beseitigen. Dann wurde ebenso lange nur Heu in reichlichen Mengen gereicht, um den Verdauungskanal von Resten früherer

¹⁾ Verdauung und Verdauungssäfte des Pferdes, Archiv für wissenschaftliche und praktische Tierheilkunde, Bd. VII—XII.

²⁾ Pflüger's Archiv, Bd. CIX. S. 145.

Mahlzeiten zu befreien, und um nach der Tötung der Tiere genau feststellen zu können, wie weit der Mais im Verdauungstraktus vorgedrungen war: denn Heu und Mais lassen sich leicht von einander unterscheiden. Es folgte dann ein 36stündiges Fasten. Diese Zeit ist nach den Beobachtungen von Ellenberger und Hofmeister¹⁾ nötig, um Magen und Dünndarm vollständig zu entleeren. Während dieser Periode stand den Tieren nur Wasser in beliebigen Quantitäten zur Verfügung, auch wurde ihnen ein besonderer, isolierter Stand angewiesen, dessen Holzteile sämtlich mit Eisenblech beschlagen waren. Die Streu wurde aus dem Stande entfernt. Diese Vorsichtsmaßregeln sind unbedingt erforderlich, da die Tiere sonst stets Dinge aufnehmen, die die Versuche und die Analysen der Magen- und Darminhalte stören.

Nach der Periode des Fastens erhielten die Tiere die Versuchsmahlzeit, die aus 1500 g Mais bestand und die sie in durchschnittlich 20—30 Minuten, selten in längerer Zeit aufnahmen. Die Zusammensetzung des Versuchsfutters (Mais) war natürlich vorher durch mehrfach kontrollierte Analysen ermittelt worden.

$\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 4, 6, 8, 9 Stunden p. pab., während welcher Zeit die Tiere kurz gehängt waren, erfolgte ihre Tötung durch Erschießen mit dem Apparate nach Stahel-Stoff mit sofort nachfolgendem Verbluten. Um das Übertreten von Mageninhalt nach dem Dünndarm und von Dünndarminhalt nach dem Coecum während der Agonie möglichst zu verhindern, wurde bei den erschossenen Tieren die Bauchhöhle so rasch als irgend möglich geöffnet, der Magen am Pylorus und der Dünndarm am distalen Ende des Ileums sofort unterbunden. Den Dünndarm teilten wir hierauf durch weitere Unterbindungen in ca. 1 m lange Abschnitte. Dann wurden Magen und Darm exenteriert und zur Hemmung der weiteren Verdauung in Eiswasser gelegt. Sodann wurde der Magen gewogen, hiernach geöffnet, der Inhalt auf seine Reaktion geprüft und dann in ein tariertes Gefäß entleert. Dann wurde der leere Magen zurückgewogen und zur Kontrolle auch das Gewicht des Inhaltes für sich bestimmt. In

¹⁾ Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde, Bd. V, S. 434.

gleicher Weise stellten wir dann das Gewicht des Dünndarm-inhaltes und die Reaktion der Inhalte seiner durch die Unterbindungen hergestellten Abschnitte fest.

Von den Magen- und Darminhalten wurde zunächst die Gesamttrockensubstanz und das Verhältnis des Gelösten zum Ungelösten bestimmt. Weiterhin ermittelten wir im Gesamtinhalte Kohlehydrate, Eiweiß und Rohfaser. Ein Teil der Gesamtinhalte wurde zur Trennung in gelöste und ungelöste Bestandteile verwendet, in den ungelösten ebenfalls Kohlehydrate, Eiweiß und Rohfaser, in den gelösten Zucker, andere Kohlehydrate und Eiweiß bestimmt. Die Menge der in Magen und Darm gelösten Stoffe berechneten wir aus dem Wassergehalte des Gesamtinhaltes einerseits und der flüssigen Anteile andererseits. War nämlich die Gesamtmenge Wasser des Magen- bzw. Darminhaltes aus der Trockensubstanzbestimmung des Gesamtinhaltes bekannt, ebenso die eines aliquoten Teiles der Lösung, so ließ sich die Gesamtmenge der gelösten Stoffe leicht finden durch die Gleichung:

$$a : m = b : x$$

wobei (a : m) eine bekannte Gewichtsmenge der Lösung, a die Menge des darin enthaltenen Wassers, m die der Trockensubstanz dieser Menge, b die Gesamtmenge Wasser des Magen-, bzw. Darminhaltes vorstellt.

Zur Bestimmung der übrigen Bestandteile wurden einesteils Mittelproben des Gesamtmagen- bzw. Darminhaltes auf dem Wasserbade zur Trockne gebracht, anderenteils durch Filtrieren ungelöste und gelöste Bestandteile von einander getrennt. Die gelösten Bestandteile analysierten wir sofort, während die ungelösten ebenso wie die Gesamtinhalte zunächst getrocknet und dann auf einer Maerker'schen Mühle gemahlen wurden.

Eiweiß wurde nach Kjeldahl bestimmt, die Kohlehydrate durch Aufschließen im Soxhlet'schen Dampftopf mit nachfolgender Inversion durch 2—2.5%ige Salzsäure in Dextrose verwandelt und deren Menge nach Allihn bestimmt. Die Kohlehydrate brachten wir in allen Fällen als Dextrose in Rechnung. Zur Bestimmung der Rohfaser bedienten wir uns des bekannten Verfahrens von Henneberg und Stohmann, welches bei äh-

lichen Untersuchungen in unserem Institute stets angewendet worden ist und welches in der von dem einen von uns geschilderten Weise¹⁾ zur Anwendung gelangte.

Unseren Untersuchungen stellten sich recht erhebliche Schwierigkeiten in den Weg, die einerseits in der Individualität der Versuchstiere, andererseits in der chemischen Zusammensetzung des Versuchsfutters zu suchen sind. Infolge der Erfahrung, die bei den früheren Versuchen gemacht worden ist, daß Pferde nach längerem Hungern im allgemeinen 1500 g Hafer ohne weiteres aufnehmen, 2000 g aber öfter nicht völlig verzehren, bestimmten wir auch 1500 g Mais als Versuchsmahlzeit. Es gelang jedoch nicht immer, Tiere zu bekommen, die den Mais ohne weiteres gutwillig fraßen, da die uns zur Verfügung stehenden Pferde offenbar andere Nahrung gewöhnt waren. Da es außerdem im letzten Jahre sehr schwierig war, die genügende Anzahl Pferde zu erhalten, waren wir öfters genötigt, unsere Versuchspferde erst an das Maisfutter zu gewöhnen, was meist auch gelang. Anfangs versuchten wir, um eine möglichst reichliche Speichelsekretion und damit eine günstige Beeinflussung der Stärkeverdauung zu veranlassen, und um den wirklichen, in jenen Ländern, in denen Mais vorzugsweise als Futtermittel für Pferde dient, herrschenden Verhältnissen nahe zu kommen, den Mais ungebrochen zu verabreichen. Hiermit erzielten wir aber sehr schlechte Resultate. Die Pferde verweigerten die Annahme überhaupt, oder fraßen nur wenig, oder brauchten eine sehr lange Zeit zur Aufnahme. Die ungemein harten Maiskörner bieten dem Kauen sehr große Schwierigkeiten. Auch die Zugabe einer geeigneten Menge Häcksel vermochte hieran nichts zu ändern. Ferner stellte sich heraus, daß verschiedene Tiere den Mais deshalb nicht fraßen, weil sie die harten Körner infolge von Zahnfehlern nicht zermalmen konnten. Wir reichten den Mais daher angebrochen, sodaß zwar die einzelnen Körner noch zusammenhängend, wohl aber gebrochen waren, daß also ein

¹⁾ Pflüger's Archiv, Bd. CIX, S. 154.

gründliches Kauen und die vorgedachte Einspeichelung gewährleistet waren. Außerdem wurden die Pferde auf die Beschaffenheit ihres Gebisses hin untersucht, und etwaige Schieferzähne in der üblichen Weise durch Abraspeln beseitigt. Trotz aller dieser Vorbereitungen und Vorsichtsmaßregeln ist es verschiedentlich vorgekommen, daß die Versuchsmahlzeit schließlich doch verweigert oder nur zum Teil aufgenommen wurde.

Weitere Schwierigkeiten ergaben sich aus der Zusammensetzung des Versuchsfutters. Wie schon oben hervorgehoben, zeichnet sich der Mais durch einen geringen Inhalt an Cellulose und durch einen besonderen Reichtum an Kohlehydraten aus. Infolgedessen erschien der Mageninhalt meist als eine dünnbreiige Masse, ganz im Gegensatz zu den relativ festen und dicken Mageninhalten bei Haferfütterung. Während, wie der eine von uns feststellen konnte, bei Haferfütterung nach unserer Versuchsanordnung, also nach 36stündiger Karenz, der Mageninhalt immer frei von Resten der vorhergehenden Mahlzeit (Heu) war, konnte dies bei Maisfütterung nicht immer beobachtet werden. Vielmehr fanden sich häufig Heureste im Mageninhalte vor. Offenbar sind die cellulosearmen, stärkebreiartigen, bei Maisfütterung in den Magen gelangenden Massen nicht imstande, geringe etwa noch vorhandene Heurestchen vor sich her aus dem Magen zu schieben, während bei Haferfütterung infolge der verhältnismäßig festen Konsistenz der abgeschluckten Massen dies bewirkt wird. Die Rohfaser spielt als im Magen und Dünndarm in der kurzen Zeit ihres dortigen Aufenthaltes absolut unverdaulicher Bestandteil eine ganz besonders wichtige Rolle bei unseren Untersuchungen, und es ist klar, daß bei dem geringen Cellulosegehalte des Mais auch geringfügige Beimengungen von cellulosereichem Heu eine exakte Bestimmung der Rohfaser im Magen- und Darminhalt zur Unmöglichkeit machen. Von den 19 Versuchstieren konnten daher nur 11¹⁾ zu den genaueren Untersuchungen herangezogen werden. Bei einem Teile der anderen Pferde sind die Untersuchungen zwar auch durchgeführt worden, lieferten

¹⁾ Diese 11 Pferde sind in den folgenden Tabellen mit den fortlaufenden arabischen Ziffern 1—11 bezeichnet worden, während die übrigen Tiere unter a, b, c, d bei den betreffenden Stunden eingefügt worden sind.

aber bezüglich der festgestellten Rohfasermenge Ergebnisse, die es unmöglich erscheinen ließen, die Versuchsergebnisse als einwandfrei anzusehen. Auch bei einem Pferde, welches mit einem anderen Mais als dem mehrfach analysierten gefüttert worden war, waren die Untersuchungsergebnisse derart, daß sie nicht verwendet werden konnten.

Aus räumlichen Gründen erscheint es zweckmäßig, von der Wiedergabe der Versuchsprotokolle der einzelnen Tiere abzu-
sehen, doch sei hierzu folgendes bemerkt: 2 Pferde (1 u. 2) wurden $\frac{1}{2}$ Stunde nach beendigter Mahlzeit, 6 Pferde (3, 4, 4a—4d) 1 Stunde, 3 Pferde (5, 6, 7) $1\frac{1}{2}$ Stunde, je 1 Pferd (7b, 8, 9, 10, 11) 2, 3, 4, 6, 8 und 2 Pferde (11a, 11b) 9 Stunden nach Beendigung der Mahlzeit getötet. Ein Pferd verweigerte die Aufnahme der Versuchsmahlzeit überhaupt und wurde nicht zum Versuche verwendet. In bezug auf die zu den genaueren Berechnungen nicht herangezogenen Pferde ist folgendes zu erwähnen: bei 4a und 4b fanden sich Heureste im Magen und im Darm vor. 4c nahm nur 625 g Mais von 1500 g auf und zeigte krankhafte Veränderungen der Magenschleimhaut. 4d erhielt ein Gemisch aus Mais und Häcksel, nahm hiervon aber ebenfalls nicht alles auf, sodaß die aufgenommenen Mengen der beiden Futterkomponenten nicht bestimmt werden konnten. 7b hatte noch Heureste in Magen und Dünndarm. 11b hatte eine Stenose mit nachfolgender Dilatation im Duodenum, nahm nur 1300 g auf und zeigte eine bedeutende Auftreibung des Magens, hervorgerufen durch Ansammlung von Gasen (Tympanitis). Bei 11a waren krankhafte Veränderungen der Magenschleimhaut vorhanden, sodaß sich fast noch die gesamte Futtermenge unverdaut im Magen vorfand.

**Allgemeine Betrachtungen über den Mageninhalt, seine Beschaffenheit
und die Reaktionsverhältnisse
des Inhaltes des Magen- und Darmkanals.**

Die von uns beobachtete Tatsache, daß im Mageninhalt sich häufig Reste früherer Mahlzeiten trotz 36stündiger Karenz vorfanden, und die dünnbreiige Beschaffenheit desselben veranlaßte uns, im Wassergehalte des Mageninhaltes eine Erklärung dieser Verhältnisse zu suchen.

Tabelle I.
Wassergehalt des Mageninhaltes.

Nr. des Pferdes	Verdauungsstunde	Gewicht des Mageninhaltes g	Gewicht des Wassers g	Wasser %	Mittelwert %
1	1/2—1 ¹ / ₂)	2650	1608,5	60,7	64,3
2		3500	2374	67,8	
3	1—1 ¹ / ₂	2365	1428,4	60,4	65,9
4		2040	1373	67,3	
4 a		2100	1444,8	68,8	
4 b		3630	2443	67,3	
5	1 ¹ / ₂ —2	2745	1692	61,6	66,5
6		3135	2126	67,8	
7		1100	771	70,1	
7 b	2—2 ¹ / ₂	2200	1511	68,7	68,7
8	3—3 ¹ / ₂	330	242,8	73,6	73,6
9	4—4 ¹ / ₂	3460	2422,4	70	70
10	6—6 ¹ / ₂	1250	806,4	64,5	64,5
11	8—8 ¹ / ₂	1900	1486	78,2	78,2
11 a	9—9 ¹ / ₂	1540	1018	66,1	66,1

Die Tabelle zeigt, daß im allgemeinen, abgesehen von 2 Individuen, der Wassergehalt zwischen 60 und 70% schwankt, gleichgültig, in welcher Verdauungsstunde sich das Tier befindet. Ein besonderer Wasserreichtum läßt sich also nicht feststellen, denn der eine von uns²⁾ fand bei 12 mit Hafer gefütterten Pferden ebenfalls ein Schwanken des Wassergehaltes von 60—70%.

Die anscheinend dünnbreiige Beschaffenheit des Mageninhaltes bei Maisfütterung ist demnach wohl durch die Zusammensetzung des Mais, durch seinen hohen Inhalt an Kohle-

¹⁾ Die erste Zahl zeigt im folgenden stets die Stundenzahl an, nach welcher das Tier nach beendeter Mahlzeit getötet worden ist, die zweite Zahl gibt die Verdauungsstunde mit Einschluß der Mahlzeit an.

²⁾ Scheunert, Pflüger's Archiv, Bd. CIX, S. 163.

hydraten und vor allem seinen geringen Gehalt an Cellulose zu erklären.

Dieser erwähnte Reichtum an Kohlehydraten veranlaßte uns, eine genaue Prüfung der jeweiligen Reaktionsverhältnisse der Inhalte der einzelnen Magenportionen (Vormagen [pars oesophagea], Fundusdrüsenregion und Pylorusdrüsenregion), sowie der Inhalte des Dünndarms, des Coecums und des Colons vorzunehmen. Ellenberger und Hofmeister¹⁾ hatten nämlich gefunden, daß Pferde, die mit reiner Stärke gefüttert worden waren, eine saure Reaktion des Inhaltes des gesamten Verdauungsschlauches aufwiesen. Da der Mais ca. 65—70% Kohlehydrate enthält, konnten wir ähnliche Reaktionsverhältnisse erwarten, und vielleicht schon durch diese zu Schlüssen über die bei Maisfütterung auftretenden pathologischen Erscheinungen berechtigt werden.

Die Tabelle II auf Seite 98 stellt die Befunde der einzelnen Versuche zusammen. Aus ihr geht zunächst hervor, daß sich die durch den abgeschluckten Speichel bedingte alkalische Reaktion des Mageninhaltes am längsten in der Pars oesophagea bzw. in der nächsten Nachbarschaft der Cardia des Pferdemagens hält. Das ist auch ganz natürlich, da die Pars oesophagea keine Säure produzierenden, bzw. überhaupt keine Drüsen enthält und lediglich als eine Fortsetzung der beim Pferde drüsenfreien Speiseröhre aufgefaßt werden kann, und da sich dort außerdem die zuletzt aus der Mundhöhle in den Magen gelangenden Futterteile befinden. Am raschesten (schon nach einer Stunde) verschwindet die alkalische Reaktion in der Fundusdrüsenregion des Magens, da dort, durch die Enzyme der Drüsensekrete begünstigt, sehr bald eine lebhafte Amylolyse verbunden mit erheblicher Milchsäureproduktion stattfindet. Außerdem produzieren bekanntlich die Belegzellen der Fundusdrüsen freie Salzsäure, doch da diese nach den Untersuchungen von Ellenberger und Hofmeister²⁾ erst in den späteren Verdauungsstunden in beträchtlichen Mengen im Mageninhalte zu finden ist, muß die so frühzeitig auftretende saure Reaktion freier

¹⁾ Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde, Bd. XIV, S. 129.

²⁾ Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde, Bd. XII, S. 345.

Milchsäure zugeschrieben werden. Es muß hier jedoch erwähnt werden, daß das Gesagte sich auf den gemischten Inhalt der Fundusdrüsenportion des Magens bezieht.

Tabelle II.

Reaktionsverhältnisse im Verdauungskanal.

Nr. des Pferdes	Stunde	Reaktion des Inhaltes von					
		Pars oesophagea	Fundusdrüsenregion	Pylorusdrüsenregion	Dünndarm	Coecum	Colon
1 2	1/2—1	alkalisch	alkalisch	alkalisch	alkalisch	alkalisch	alkalisch
3 4 4 a 4 b 4 c	1—1 1/2		sauer	schwach sauer	1 m neutral		
			•	alkalisch	alkalisch	•	•
			•	neutral	•	•	•
		sauer	•	sauer	•	•	•
		alkalisch	alkalisch	alkalisch	•	•	•
5 6 7	1 1/2—2		sauer	sauer	•	•	•
		sauer	•	•	anfangs neutral	•	•
			•	•	alkalisch	•	•
7 b	2—2 1/2	•	•	•	•	•	•
8	3—3 1/2		•	•	anfangs neutral	•	•
9	4—4 1/2		•	•	anfangs sauer	•	•
10	6—6 1/2	•		•	sauer	•	•
11	8—8 1/2	•		•	•	sauer	sauer
11 a	9—9 1/2				•	neutral	alkalisch
11 b	9—9 1/2			•	•	sauer	sauer

In der Nähe der Schleimhaut findet man in dieser Region schon ganz kurz nach dem Fressen saure Reaktion des Mageninhaltes, die von der von den Drüsen sezernierten HCl herrührt. Diese dringt aber erst langsam und ganz allmählich tiefer in den Mageninhalt ein, sodaß dessen saure Reaktion, soweit sie schon eine halbe oder 1 Stunde nach der Mahlzeit beobachtet wird, von

Milchsäure herrührt. Zur Kontrolle bestimmten wir in einem Falle (Pferd 4c, 1 Stunde p. pab. getötet) die freie Salzsäure nach Sjöqvist, konnten aber nur Spuren davon nachweisen. Zur Erklärung der Reaktionsverhältnisse im Dünndarm seien hier zunächst kurz die daselbst bei Haferfütterung herrschenden Verhältnisse geschildert. Mit Ausnahme der Zeit während der Nahrungsaufnahme und kurz nach ihrer Beendigung, sicher nach der ersten Verdauungsstunde ist mindestens der Inhalt des ersten Drittels bzw. die Hälfte des Dünndarmes schwach sauer, während die beiden letzten Drittel bzw. die distale Hälfte alkalische Reaktion zeigen. Die saure Reaktion des Inhaltes im Anfang des Dünndarms erklärt sich durch das infolge des geringen Fassungsvermögens des Pferdemagens sehr frühzeitig erfolgende Übertreten von Mageninhalt. Einerseits wird dieser durch seinen Säuregehalt (bei Haferfütterung reagiert eine halbe Stunde p. pab. schon die rechte Hälfte, nach 1 Stunde schon der gesamte Inhalt sauer), andererseits durch seinen Gehalt an Kohlehydraten, die im Darm teilweise der Milchsäuregärung anheimfallen, eine saure Reaktion seines Inhaltes hervorrufen. Der Inhalt des Ileums reagiert jedoch stets alkalisch und geht in die unter normalen Verhältnissen ebenfalls stets alkalisch reagierenden Inhalte des Coecums und Colons über.

Wie unsere Tabelle lehrt, liegen bei Maisfütterung die Verhältnisse ganz anders. Infolge der oft bis zum Beginn der zweiten Verdauungsstunde im gesamten Mageninhalt herrschenden alkalischen Reaktion reagiert innerhalb dieser Zeit auch der gesamte Dünndarminhalt alkalisch. Erst 2 Stunden p. pab., wenn der Mageninhalt sauer geworden ist, treten ähnliche Verhältnisse wie bei Haferfütterung ein, indem die Reaktion im Anfangsteil des Dünndarms sauer wird. Während aber bei Haferfütterung die alkalische Reaktion im Ileum stets erhalten bleibt, reagiert bei Maisfütterung 6 Stunden nach dem Fressen schon der gesamte Dünndarminhalt sauer. Noch später, 8—9 Stunden nach der Mahlzeit, ist dies sogar bei den Inhalten des Coecums und Colons der Fall. Diese saure Reaktion der Darminhalte wird neben anderen Gärungssäuren hauptsächlich durch freie Milchsäure, die wir stets qualitativ nachweisen konnten, hervorgerufen.

Die großen Verschiedenheiten der Reaktionsverhältnisse von den bei Haferfütterung herrschenden sind wohl durch den größeren Kohlehydratgehalt und das raschere Fortrücken des Chymus innerhalb des Darmes zu erklären, da durch beide Umstände säurebildende Gärungsvorgänge begünstigt werden.

Es liegt auf der Hand, daß diese Reaktionsverhältnisse der späteren Verdauungsstunden ganz erhebliche Einflüsse auf Peristaltik, Sekretions- und Absorptionstätigkeit der Darmschleimhaut und ihrer Drüsen und auf die Magenentleerung auszuüben imstande sind. Die oben erwähnten, Hand in Hand mit der fortschreitenden Verdauung des Mais gehenden Gärungsvorgänge sind die Ursache von sehr beträchtlichen Gasmengen, die im Magendarmkanal auftreten. Über die Natur dieser Gärungen, und die dabei entstehenden Gase, die noch einer genaueren Untersuchung unterzogen werden sollen, sind wir leider noch nicht imstande, genaueres mitzuteilen. Es sei nur erwähnt, daß wir stets, auch schon bei $\frac{1}{2}$ stündiger Verdauung selbst im Magen Gase fanden. Diese waren teils brennbar, teils erstickten sie die Flamme: so fanden wir bei Pferd 11 größere Gasmengen im Magen, Dünndarm und Coecum, die mit explosionsartigem Knall beim Anzünden verpufften, während bei anderen Tieren dies nicht der Fall war.

Für die Beurteilung dieser Verhältnisse bietet Pferd 11b einen besonders interessanten Fall. Dieses hatte anfangs, d. h. bei den Vorversuchen, den Mais sehr gut aufgenommen, fraß aber vom eigentlichen Versuchsfutter trotz vorherigen Hungerns nur 1300 g. Nach dem Töten und Exenterieren stellte sich heraus, daß das Tier im Anfange des Duodenums eine Stenose mit nachfolgender Dilatation besaß, welche die normale Beförderung des Dünndarminhaltes und den normalen Übertritt des Mageninhaltes in den Dünndarm verhindert und vielleicht sogar antiperistaltische Bewegungen des Darmes veranlaßt hatte. Der Magen war prall mit Gasen gefüllt, deren Quantität mehrere Liter betrug. Es scheinen also in relativ kurzer Zeit erhebliche Gasmengen durch Gärungsvorgänge zu entstehen, womit nach unserer Meinung die schweren, mit Magen- und Blinddarmzerreißen oft verbundenen Koliken nach Maisfütterung in Verbindung zu bringen sind.

Magenverdauung

Um zunächst einen Überblick über die im Magen ablaufenden Vorgänge zu gewinnen, stellten wir fest, wieviel von einem bestimmten Nährstoffe nach den betreffenden Verdauungsstunden aus dem Magen verschwunden war, betrachteten also die Verhältnisse, die durch die Summe der während der betreffenden Stunden abgelaufenen Resorptions- und Fortbewegungsvorgänge geschaffen worden waren. Wir wählten zu dieser Betrachtung die Kohlehydrate des Versuchsfutters, da bei den noch in Betracht zu ziehenden Proteinstoffen und bei der die Summe beider Nährstoffe (stickstofffreie und stickstoffhaltige) einschließenden Trockensubstanz Komplikationen insofern eintreten, als die tatsächlich vom Versuchsfutter noch herrührenden Trockensubstanz und Eiweißmengen sich im Magendarmkanal nicht mehr ohne weiteres feststellen lassen, denn beide erfahren eine Vermehrung durch die Sekrete der Verdauungsdrüsen und des Oberflächenepithels. Bei den Kohlehydraten ist dies nicht der Fall. Die nachstehende Tabelle III gibt also in der Differenz aus im Futter enthaltenen verfütterten und im Magen tatsächlich vorgefundenen die Menge Kohlehydrate an, die aus dem Magen verschwunden ist, gleichgültig ob sie in den Dünndarm übergetreten oder noch im Magen absorbiert worden ist.

Die Zusammenstellung zeigt, welche außerordentlich großen Verschiedenheiten bei den einzelnen Individuen vorkommen. Bei Pferd 8 sind nach $3\frac{1}{2}$ stündiger Verdauung schon $\frac{9}{10}$ der gesamten Kohlehydrate aus dem Magen verschwunden, während bei Pferd 9, das eine Stunde länger verdaute, die Hauptmasse bis auf $\frac{3}{10}$ noch im Magen verblieben ist. Diese großen Schwankungen seitens der einzelnen Individuen werfen wiederum ein interessantes Licht auf die eigenartige Wirkung der Maisfütterung auf den Verdauungskanal. Bei Hafer konnten derartige Unregelmäßigkeiten bezüglich des Übertritts des Mageninhaltes in den Darm weder von Ellenberger noch von Scheunert¹⁾ festgestellt werden.

¹⁾ Pflüger's Archiv, Bd. CIX, S. 157.

Tabelle III.

Nr. des Pfer- des	Ver- dauungs- stunde	An Kohlehydraten sind				Im Mittel %
		im Magen gefunden g	gefüttert g	aus dem Magen verschwunden g		
1	1/2 - 1	788,2	1134	345,8	30,5	24,6
2		783	963	180	18,7	
3	1 - 1 1/2	702,3	963	260,7	27,1	39,9
4		462,5	963	500,5	52	
4 a		497	1134	637	56,2	
4 b		886	1134	248	21,9	
4 c		299	520	221	42,5	
5	1 1/2 - 2	763,3	963	199,7	20,7	29,7
6		719,5	963	243,5	25,3	
7		246	425	179	42,1	
7 b	2 - 2 1/2	534,6	1134	599,4	52,9	52,9
8	3 - 3 1/2	61,4	915	853,6	93,3	93,3
9	4 - 4 1/2	714,4	963	248,6	29,6	29,6
10	6 - 6 1/2	300	963	663	68,8	68,8
11	8 - 8 1/2	310,5	963	652,5	67,8	67,8
11 a	9 - 9 1/2	415	931,5	516,5	55,5	55,5

In Anbetracht dieser Verhältnisse scheint es ganz besonders interessant, die tatsächliche Verdauung der einzelnen Nährstoffe im Magen zu betrachten und festzustellen, ob diese ähnlichen Schwankungen unterworfen ist oder vielleicht unabhängig vom schnelleren oder langsameren Transporte der Inhalte eine Steigerung gemäß der Verdauungszeit erfährt. Wir betrachten nach Ellenberger als verdaut diejenige Menge eines Nährstoffes, welche von der tatsächlich im Magen theoretisch zu erwartenden Gesamtmenge dieses Nährstoffes als gelöst anzusehen ist. Wir erhalten dieselbe rechnerisch, indem wir die im Magen durch die Analyse festgestellte, ungelöste Menge des Nährstoffes von der Gesamtmenge desselben abziehen. Die Gesamtmenge wiederum berechnen wir aus der im Magen befind-

lichen, analytisch bestimmten Rohfaser, die während ihres kurzen Aufenthaltes daselbst nach Ellenberger absolut unverdaulich ist und somit im Vereine mit der Analyse des verabreichten Futtermittels stets eine genaue Berechnung der im Magen theoretisch zu erwartenden Mengen seiner Nährstoffe ermöglicht. Vorausgesetzt wird hierbei, daß das Vorrücken des Mageninhaltes in den Dünndarm gleichmäßig erfolgt, und nicht etwa die leicht verdaulichen Stoffe schneller als die schwer verdaulichen (Rohfaser) vorrücken. Zu dieser Voraussetzung sind wir aber durch die Untersuchungen von Ellenberger, Tangl¹⁾ und Scheunert,²⁾ die diese Tatsachen bis in die späteren Verdauungsstunden experimentell und rechnerisch bewiesen, berechtigt.

a) Verdauung der Trockensubstanz.

Tabelle IV.

Verdauung der Trockensubstanz im Magen.

Nr. des Pferdes ³⁾	Verdauungsstunde	Menge der Rohfaser im Magen	Aus der Rohfaser berechnete Trockensubstanz	Im Magen gefundene Trockensubstanz	Verdaut		Mittel ‰
					Trockensubstanz g	Trockensubstanz ‰	
1	½—1	24,7	988	844,8	143,2	14,5	10,75
2		23,0	1128	1030,2	77,8	7	
3	1—1½	20,7	996,7	856	140,7	14,1	12,15
4		14,0	674	605,1	68,9	10,2	
5	1½—2	24,9	1160	944,7	165,3	14,3	16,3
6		22,9	1103	920,7	182,3	16,5	
7		9,7	387,9	317,4	70,5	18,2	
8	3—3½	2,5	102	84,5	17,5	17,2	17,2
9	4—4½	25,4	1224	912,3	311,7	25,5	25,5
10	6—6½	12,4	599,1	420,2	178,9	29,9	29,9
11	8—8½	12,9	621,3	383,8	237,5	38,9	38,9

¹⁾ Pflüger's Archiv, Bd. LXIII, S. 570.

²⁾ ibidem, Bd. CIX, S. 167.

³⁾ Bei den nicht erwähnten Pferden wurden Rohfaserbestimmungen aus den eingangs erwähnten Gründen nicht ausgeführt.

In vorstehender Tabelle IV sind die in der oben geschilderten Weise erhaltenen Resultate über die Verdauung der Trockensubstanz im Magen zusammengestellt.

Da in der Trockensubstanz die für unsere Untersuchungen in Betracht kommenden Nährstoffe (stickstoffhaltige und stickstofffreie) enthalten sind, kann aus den Zahlen für die Ausgiebigkeit ihrer Verdauung ohne weiteres auf den Verlauf der Verdauung beider erwähneter Nährstoffe geschlossen werden. Die Tabelle zeigt, daß trotz der großen Schwankungen in der Menge des Mageninhaltes und in der Schnelligkeit seines Fortrückens in den Dünndarm ein langsames, aber stetiges Anwachsen der Verdauungsgröße mit fortschreitender Verdauungszeit festgestellt werden kann. Stellt man die hierbei gewonnenen Zahlen in Vergleich zu denen, die bei der Haferverdauung unter ganz ähnlichen Versuchsbedingungen von Ellenberger, Goldschmidt¹⁾ Tangl²⁾ und Scheunert³⁾ in unserem Institute gefunden worden sind, so zeigt die folgende Tabelle V an, daß bei der Fütterung von Mais bedeutend geringere Mengen verdaut werden als bei Haferfütterung. Während sich in den ersten Verdauungsstunden die Ausgiebigkeit der Trockensubstanzverdauung bei beiden Futtermitteln ungefähr gleich bleibt, gelangt sie bei Haferfütterung in den späteren Stunden sehr rasch zu hohen Werten, die bei der Verdauung des Mais überhaupt nicht erreicht werden.

Tabelle V.

Stunde	Haferverdauung %	Maisverdauung %
1/2—1	—	10,75
1—1 1/2	9,09	12,15
1 1/2—2 1/2	15,6	16,3
3—3 1/2	26,1	17,2
4—4 1/2	—	25,5
5—5 1/2	42,3	—
6—6 1/2	—	29,9
8—8 1/2	—	38,9

¹⁾ Diese Zeitschrift, Bd. XI, S. 286.

²⁾ Pflüger's Arch., Bd. LXIII, S. 572.

³⁾ Landwirtschaftl. Jahrbücher 1905, S. 820.

b) Kohlehydratverdauung.

Die Verdauung der Kohlehydrate bietet, wie die folgende Zusammenstellung zeigt (Tab. VI), fast genau dasselbe Bild wie die Verdauung der Trockensubstanz. Größere Mengen des Nährstoffes werden scheinbar überhaupt nicht verdaut, denn nach 6 Stunden ist erst etwa $\frac{1}{3}$ der noch im Magen vorhandenen Kohlehydrate gelöst, d. h. verdaut worden. Auch hier fällt beim Vergleich mit den bei früheren Versuchen im hiesigen Institute ermittelten Zahlen für die Kohlehydratverdauung bei Haferfütterung auf, daß das Ansteigen der Verdauung viel langsamer als dort vor sich geht und die daselbst schon nach 5 stündiger Verdauung erreichten hohen Werte selbst nach 8 bis 9 Stunden bei weitem noch nicht erreicht werden.

Tabelle VI.

Verdauung der Kohlehydrate im Magen.

Nr. des Pferdes	Verdauungsstunde	Menge der Rohfaser	Berechnete Kohlehydrate	Ungelöste Kohlehydrate	Verdaute Kohlehydrate		Mittel	Mittel bei Haferverdauung
					g	%		
1 2	$\frac{1}{2}$ —1	24,7 23,0	790,3 802,5	732 727,5	58,3 75,2	7,4 9,3	8,35	—
3 4	1—1 $\frac{1}{2}$	20,7 14,0	722,3 488,5	662 430,4	60,3 58,1	8,3 11,9	10,1	10,74
5 6 7	1 $\frac{1}{2}$ —2	24,9 22,9 9,7	840,5 799 310,3	741 671,4 236,2	99,5 127,6 74,1	11,8 16 23,8	17,2	21,5
8 9	3—3 $\frac{1}{2}$ 4—4 $\frac{1}{2}$	2,5 25,4	80,9 886,2	60,9 628,8	20 257,4	24,7 29,0	24,7 29,0	39,2
10	6—6 $\frac{1}{2}$	12,4	438,7	295,3	143,4	32,7	32,7	56,5
11	8—8 $\frac{1}{2}$	12,9	485,3	305,5	179,8	37,1	37,1	56,1

Die geringe Ausgiebigkeit der Kohlehydratverdauung erscheint vielleicht in Anbetracht des großen Stärkereichtums des Mais auffällig. Man bedenke aber die Tatsache, daß wir auf Grund unserer Reaktionsbefunde im Dünndarm und im Dick-

darm, und auch im Magen eine sehr lebhaft Milchsäurebildung annehmen müssen. Demzufolge wird im Magen, zumal in den späteren Verdauungsstunden, eine durch große Mengen freier Milchsäure hauptsächlich bedingte und durch die Salzsäure der Magensekrete vermehrte, stark saure Reaktion herrschen, woran auch eine sicher anzunehmende Absorption von Milchsäure durch die Magenschleimhaut nichts zu ändern vermag. Die in den späteren Verdauungsstunden nur noch geringe Kohlehydratverdauung ist demnach leicht dadurch zu erklären, daß infolge der erheblichen Säurekonzentration im Mageninhalt eine Verminderung, Schwächung oder Sistierung der amylolytischen Wirkung der nur bei alkalischer, neutraler und schwach saurer Reaktion wirksamen diastatischen Enzyme des Mageninhalt (Ptyalin des Speichels, Nahrungsmittelenzym im Mais und diastatisches Enzym des Magensekretes) bewirkt wird. Nach den Untersuchungen von Ellenberger und Hofmeister¹⁾ werden diese bekanntlich bei einer Konzentration von 0,4% Milchsäure und 0,02 Salzsäure wirkungslos gemacht, beziehentlich zerstört.

c) Verdauung des Eiweißes.

In Anbetracht der soeben geschilderten Verhältnisse (der erheblichen, die Amylyse sistierenden Säurekonzentration im Mageninhalt) erscheint die Eiweißverdauung von ganz besonderem Interesse. Die proteolytischen Enzyme des Mageninhalt, das Pepsin der Sekrete der Fundus- und Pylorusdrüsen entfalten ihre Wirksamkeit bekanntlich bei saurer Reaktion und werden nach den Untersuchungen von Ellenberger und Hofmeister²⁾ erst durch eine verhältnismäßig hohe Konzentration von 0,6%iger Salzsäure oder noch höhere Konzentration von Milchsäure in ihrer Wirkung gehemmt resp. zerstört. Nach unseren Untersuchungen kommt hier für die Peptonisierung der Proteinsubstanzen des Mais ein in ihm selbst enthaltenes proteolytisches Enzym nicht in Frage, da dieses wohl vorhanden ist, aber nur bei schwach alkalischer Reaktion seine Wirksamkeit entfaltet. Nach vorstehendem ist also die Annahme berechtigt, daß infolge

¹⁾ Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde, Bd. XII, S. 346.

²⁾ *ibid.* S. 343.

des baldigen Auftretens von freier Milchsäure im Mageninhalt eine lebhafte Proteolyse stattfinden, die Ausgiebigkeit der Eiweißverdauung also bedeutend sein wird.

Tabelle VII.
Verdauung des Eiweißes im Magen.

Nr. des Pferdes	Verdauungsstunde	Menge der Rohfaser im Magen	Berechnetes Eiweiß	Ungeöstes Eiweiß	Verdautes Eiweiß			Mittel bei Haferverdauung
					g	%	Im Mittel %	
1	1/2—1	24,7	118,5	108,8	9,7	8,2	11,1	—
2		23,0	117,3	103,4	13,9	14,0		
3	1—1 1/2	20,7	105,3	85,1	20,2	19,2	19,05	31,25
4		14,0	71,4	57,9	13,5	18,9		
5	1 1/2—2	24,9	122,8	94,2	28,6	23,3	23,1	26,1
6		22,9	116,7	89	27,7	23,7		
7		9,7	46,6	36,2	10,4	22,3		
8	3—3 1/2	2,5	11,1	8,97	2,13	19,2	19,2	32,9
9	4—4 1/2	25,4	129,5	83,6	45,9	35,4	35,4	52,2
10	6—6 1/2	12,4	63,4	30	33,4	52,7	52,7	
11	8—8 1/2	12,9	65,8	25,3	40,5	61,5	61,5	—

Die vorstehende Tabelle beweist die Richtigkeit dieser Annahme. Die Ausgiebigkeit der Eiweißverdauung beträgt fast das Doppelte der Kohlehydratverdauung. Das Anwachsen der Prozentzahlen erfolgt hier ganz im Gegensatz zu den für die Kohlehydrate geltenden Regeln, vor allen Dingen in den späteren Stunden mit hoher Säurekonzentration rasch, und führt zu hohen Werten. Beim Vergleiche mit den bei Haferfütterung gewonnenen Zahlen zeigt sich, daß die Verdauung der Proteinsubstanzen ebenso groß wie die der stickstoffhaltigen Bestandteile des Hafers ist, in den späteren Stunden (4—8) dieselbe sogar überschreiten kann.

Über die aus dem Magen verschwundenen, gelösten Nährstoffmengen bzw. die im Magen stattfindende Nährstoffabsorption.

Nachdem im vorhergehenden Kapitel die Ausgiebigkeit der Verdauung der einzelnen Nährstoffe genau betrachtet worden ist,

erscheint es zweckmäßig, zur Kenntnis der gesamten im Magen herrschenden Verhältnisse auch festzustellen, wieviel von den verdauten und gelösten Nährstoffmengen im Magen noch vorhanden und wieviel davon verschwunden ist, und dabei auf die Frage etwa im Magen ablaufender Absorptionsvorgänge näher einzugehen. Als im Magen absorbiert bzw. aus ihm verschwunden wird diejenige Nährstoffmenge anzusehen sein, die von der theoretisch aus der Rohfaser berechneten, im Magen noch vorhanden sein sollenden Menge des Nährstoffes im Magen nicht mehr gefunden wird: sie wird sich also als Differenz aus dieser theoretischen Menge und der durch die Analyse gefundenen gleichmäßig ermitteln lassen. Diese Differenz wird aber nur dann als tatsächlich absorbiert, von der Magenschleimhaut aufgesaugt zu betrachten sein, wenn ein gleichmäßiges Fortrücken des Mageninhaltes nach dem Dünndarm stattfindet, oder anders ausgedrückt, wenn die gelösten Bestandteile des Mageninhaltes nicht etwa schneller fortrücken als die unverdaulichen.

Wie schon oben erwähnt, sind wir auf Grund früherer Untersuchungen des einen von uns berechtigt, das gleichmäßige Vorrücken der ungelösten Bestandteile des Mageninhaltes mit voller Sicherheit bei Haferfütterung als feststehend anzunehmen. Auf Grund dieser Feststellungen ist auch auf ein gleichmäßiges Vorrücken des gesamten Mageninhaltes (also mit Einschluß des verdauten und gelösten Materials) mit Wahrscheinlichkeit zu schließen. Wir bemerken aber, daß ein einwandfreier Beweis für diese Behauptung nur durch vivisektorische Eingriffe geführt werden kann, welche bis jetzt aus äußeren Gründen noch nicht ausgeführt werden konnten.

a) Resorption der Trockensubstanz.

Wir betrachten zunächst wieder die Resorption der Trockensubstanz als desjenigen Bestandteiles des Versuchsfutters, welcher sämtliche in Betracht kommenden Nährstoffe enthält. Die Berechnung gestaltet sich hier insofern verwickelter, als die Trockensubstanz des Mageninhaltes nicht allein vom Versuchsfutter herrührt, sondern daneben auch noch die Trockensubstanz des Speichels und die der Magensekrete enthält. Die Trockensubstanz

der Magensekrete entzieht sich unserer Kenntnis und Berechnung, da wir deren Menge und jeweilige Zusammensetzung beim Pferde nicht festzustellen vermögen. Die Vermehrung durch die Trockensubstanz des Speichels läßt sich hingegen auf folgende Weise in Rechnung bringen. Nach Scheunert und Illing¹⁾ schluckt ein Pferd beim Fressen von Mais fast genau das doppelte Gewicht des verzehrten Mais an Speichel ab. Ist nun die im Magen zu einer bestimmten Stunde noch vom Versuchsfutter vorhandene Menge bekannt, so steht auch die mit ihr in den Magen gelangte Menge des Speichels fest. Eine derartige Berechnung ermöglicht sich bekanntlich, wie mehrfach erwähnt, mit Hilfe der durch die Analyse bekannten Rohfasermenge. Es wird sich also in jedem Falle aus dieser die noch im Magen theoretisch zu erwartende Speichelmenge berechnen lassen. Da andererseits der Speichel des Pferdes nach Ellenberger und Hofmeister²⁾ einen Trockensubstanzgehalt von durchschnittlich 1% besitzt, läßt sich die durch den Speichel hervorgerufene Vermehrung der Trockensubstanz des Mageninhaltes berechnen. Da wir genötigt sind, bei diesen Berechnungen Faktoren zu berücksichtigen, deren genaue Feststellung in jedem einzelnen Falle unmöglich ist und die individuellen Schwankungen unterworfen sein werden, so sind auch die von uns erhaltenen Zahlen nicht absolut richtig. Dadurch aber, daß alle Verhältnisse, soweit es irgend möglich ist, berücksichtigt werden, dürften sie den absoluten Werten immerhin ziemlich nahe kommen. Keinesfalls büßen dadurch die aus dem Vergleiche der einzelnen Versuchsergebnisse gezogenen Schlüsse an Beweiskraft ein, da die unvermeidlichen Fehler der Berechnungen bei jedem einzelnen Versuche wieder begangen werden und somit an dem relativen Werte der Resultate nichts zu ändern vermögen.

Die nach den oben erwähnten Grundsätzen ausgerechnete Tabelle VIII zeigt, daß die Resorption im Magen in erheblichen Mengen erst im Verlaufe der 2. Verdauungsstunde beginnt, wie dies auch früher bei Haferfütterung gezeigt worden ist. Ganz analog der Verdauung nimmt auch die Resorption lang-

¹⁾ Physiolog. Centralblatt, Bd. XIX, H. Nr. 23.

²⁾ Arch. f. wissenschaftl. und prakt. Tierheilkunde. Bd. VII, S. 16.

sam mit der Länge der Verdauungszeit zu. Im Verhältnis zur Verdauung wächst sie anfangs nur sehr langsam, erreicht aber in späteren Stunden eine recht bedeutende Höhe, indem während der 6.—9. Verdauungsstunde von der gesamten als verdaut bezeichneten Menge zugleich 92—95% als resorbiert, bzw. aus dem Magen verschwunden, angesehen werden müssen.

Tabelle VIII.
Trockensubstanzresorption.

Nr. des Pferdes	Stunde	Im Magen gefundene Trockensubst.	Im Magen gefundener Speichel	Trockensubst. des Speichels	Gef. Trockensubst. nach Abzug des Speichels	Aus der Rohfaser berechnete Trockensubst.	Resorbiert		Im Mittel
							g	%	
1	$\frac{1}{2}$ —1	1041,5	2322	23	1018,5	988	—	—	?
2		1126	2500	25	1101	1128	27	2,4	
3	1—1 $\frac{1}{2}$	936,6	2250	23	913,6	996,7	83,1	8,3	5,8
4		667	1522	15	652	674	22	3,3	
5	1 $\frac{1}{2}$ —2	1053	2708	27	1026	1160	134	11,6	13,2
6		1009	2490	25	984	1103	119	10,8	
7		330	912	9	321	387,9	66,9	17,3	
8	3—3 $\frac{1}{2}$	87,2	235	2	85,2	102	16,8	16,5	16,5
9	4—4 $\frac{1}{2}$	1037,6	2762	28	1009,6	1224	214,4	17,5	17,5
10	6—6 $\frac{1}{2}$	413,6	1348	13	430,6	599,1	168,5	28,3	28,3
11	8—8 $\frac{1}{2}$	413,7	1402	14	399,7	621,3	221,6	35,6	35,6

b) Resorption der Kohlehydrate.

Die in Tabelle IX zusammengestellten Werte der Kohlehydratresorption zeigen dasselbe Bild, wie die der Trockensubstanz. Der Beginn der Resorption nennenswerter Mengen fällt erst in die 2. Verdauungsstunde, von dieser Stunde an beginnt mit wachsender Verdauungszeit auch eine langsame Zunahme der Resorption. Im Verhältnisse zur Verdauung ist die Resorption in den ersten Stunden verhältnismäßig gering, in späterer Zeit beträgt sie hingegen ca. 95% der verdauten Kohlehydratmengen. Bezüglich der absoluten Werte sei hierbei

erwähnt, daß dieselben als etwas zu hoch anzusehen sind, und zwar aus dem Grunde, weil die Milchsäure, die im Magen aus den Kohlehydraten entsteht, bei der von uns innegehaltenen Versuchsanordnung nicht quantitativ bestimmt wird. Die übrigens nicht bedeutenden Kohlehydratmengen, die der im Magen noch vorhandenen Milchsäure entsprechen, werden bei unserer Berechnung ebenfalls als resorbiert angesehen, während sie tatsächlich als Milchsäure noch vorhanden sind.

Die der Tabelle noch beigegebene Zusammenstellung der Mengen des gelösten Zuckers zeigt, daß dieser nur bei einem Pferde (Pferd 9), welches eine sehr niedrige Resorption zeigt, 5% der Gesamtkohlehydrate übersteigt. Die langsame Abnahme des Zuckergehaltes des Mageninhaltes mit der Länge der Verdauungszeit korrespondiert vollkommen mit dem im Verhältnis zur Verdauung schnellen Ansteigen der Resorption, die in der 6.—8. Stunde so beträchtlich ist, daß nur noch 0,6—0,8% Zucker in Lösung zu finden sind.

Berechnet man den im Magen vorgefundenen, gelösten Zucker in Prozenten des Gesamtmageninhaltes, so sind im Durchschnitt gelöst vorhanden: in der 1. Verdauungsstunde 1,23%, in der 2. 0,84%, nach 4 Stunden 1,61%, nach 6 Stunden 0,31% und nach 8 Stunden 0,17% Zucker. Es zeigt sich deutlich, daß dieses Verdauungsprodukt niemals zu einer besonders erheblichen Menge anwächst, 2% des Mageninhaltes nicht erreicht und mit der Dauer der Verdauung geringer wird. Die Resorption wirkt hier offenbar regulierend ein, so daß eine gewisse Konzentration der Zuckerlösung nie überschritten wird. Die geringen Zuckermengen in den späteren Verdauungsstunden erklären sich daraus, daß infolge der großen Säuremenge die Amylolyse sehr gestört ist und in der rechten Magenhälfte nach Ellenberger überhaupt nicht mehr stattfindet. Es sei auch noch erwähnt, daß ein sehr schneller Zerfall des Zuckers in Milchsäure anzunehmen ist, doch wird diese ebenfalls sehr rasch und in erheblichen Mengen resorbiert, denn Ellenberger und Hofmeister fanden nie mehr als 0,3% dieser Säure (auf HCl berechnet) im Magen vor.

Tabelle IX.
Kohlehydratresorption.

Nr. des Pfer- des	Verdau- ungs- stunde	Aus der Rohfaser berech- nete Kohle- hydrate	Gefun- dene Kohle- hy- drate	Resorbierte Kohle- hydrate		Mit- tel %	Re- sorp- tion bei Hafer- ver- dau- ung	Im Magen gefundenen gelöster Zucker	
				g	%			g	%
1	1/2--1	790.3	788.2	2.1	0.3	1.4	—	39.3	4.97
2		802.5	783	19.5	2.4			33.8	4.21
3	1--1 1/2	722.3	702.3	20	2.7	4	3.2	26.3	3.64
4		488.5	462.5	26	5.3			16.6	3.4
5	1 1/2--2	840.5	763.3	77.2	9.2	13.3	16	17.4	2.08
6		799	719.5	79.5	9.9			30.4	3.81
7		310.3	246	64.3	20.7			9.1	2.92
8	3--3 1/2	80.9	61.4	19.5	24.1	24.1	28	—	—
9	4--4 1/2	886.2	714.4	171.8	19.4	19.4	23	55.6	6.27
10	6--6 1/2	438.7	300	138.7	31.6	31.6	43	3.9	0.88
11	8--8 1/2	485.3	310.5	174.8	36.0	36.0	51	3.2	0.69

c) Eiweißresorption.

Bei der Berechnung der Eiweißresorption ist zu beachten, daß das im Mageninhalte analytisch festgestellte Eiweiß nicht allein aus dem Nahrungsmittel her stammt, sondern auch noch die aus dem Körper stammenden, in den Sekreten enthaltenen Proteinstoffe enthält. Nach V. Hofmeister¹⁾ enthält der Pferd Mageninhalt bei mittlerem Füllungsgrade (3000—4000 g) des Magens ca. 0,6—0,8% Körpereiß. Wir brachten daher stets 0,6% der durch die Analyse bestimmten Gesamteißmenge als aus dem Körper stammend in Abrechnung.

Die nachfolgende Tabelle zeigt ebenfalls, daß der Beginn einer nennenswerten Resorption erst in den Verlauf der 2. Ver-

¹⁾ Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde, Bd. XIV, S. 47.

dauungsstunde fällt. Auch beim Eiweiß verläuft die Resorption ganz analog der Verdauung.

Tabelle X.
Eiweißresorption im Magen.

Nr. des Pferdes	Stunde	Gewicht des Mageninhalts	Menge des Körpereiweiß	Im Magen gefunden	Gefunden nach Abzug des Körpereiweiß	Aus der Rohfaser theoretisch berechnet	Resorbiert		Mittel
							g	%	
1	1/2—1	2650	15,9	132,5	116,6	118,5	1,9	1,6	6,6
2		3500	21,0	124,7	103,7	117,3	13,6	11,6	
3	1—1 1/2	2365	14,0	105,3	91,3	105,3	14,0	13,3	12,9
4		2040	12,2	74,6	62,4	71,4	9,0	12,6	
5	1 1/2—2	2745	16,5	109,5	93,0	122,8	29,8	24,2	23
6		3135	18,8	112,6	93,8	116,7	22,9	19,6	
7		1100	6,6	41,4	34,8	46,6	11,8	25,3	
8	3—3 1/2	330	1,13*)	10,1	8,97	11,1	2,13	19,2	19,2
9	4—4 1/2	3460	20,8	114,6	93,8	129,5	35,7	27,6	27,6
10	6—6 1/2	1250	7,5	42,1	34,6	63,4	28,8	45,4	45,4
11	8—8 1/2	1900	8,6*)	33,9	25,3	65,8	40,3	60,9	60,9

*) Bei Pferd 8 und 11 wurden nur diese Mengen als gelöstes Eiweiß im Mageninhalt gefunden und als Körpereiweiß angenommen.

Fortbewegung, Verdauung und Resorption im Dünndarm.

Bevor wir zur Betrachtung der Verdauungs- und Resorptionsvorgänge im Dünndarm übergehen, erscheint es zweckmäßig, die Aufenthaltsdauer der Nahrungsmittel in demselben und den Zeitpunkt ihres Übertritts in das Coecum zu betrachten. Bei Haferfütterung erfolgt nach Ellenberger¹⁾ und seinen Mitarbeitern ein Übertreten dieses Nahrungsmittels in das Coecum erst ungefähr nach 4stündiger Verdauung. Wir finden bei Maisfütterung, daß hier ein viel schnellerer Transport des Dünndarminhaltes stattfindet, indem sich schon im Verlauf der 2. Verdauungsstunde Spuren, später aber nicht unerhebliche Quantitäten des Versuchsfutters im Coecum vorfinden, die mit dem Auge als

¹⁾ Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde, Bd. V, S. 434.

solche festgestellt werden konnten und die sich auf Grund der im Magen- + Dünndarminhalt von der im Futter enthaltenden fehlenden Rohfasermenge auch quantitativ berechnen lassen. So fanden wir, daß z. B. nach 3stündiger Verdauung von 1200 g Mais 282 g, nach 6 Stunden von 1500 g des Versuchsfutters 576 g und nach 8 Stunden 521 g als in den Blinddarm übergetreten anzusehen sind. Der Aufenthalt des Mais im Magen und Dünndarm ist also viel kürzer als der des Hafers. Um diese Befunde noch an einem der im Mais enthaltenen Nährstoffe zu kontrollieren, stellten wir fest, wieviel sich in den einzelnen Stunden von den Kohlehydraten in den Inhalten des Magens und Dünndarms ungelöst vorfanden. Hierbei zeigte sich, daß in den beiden ersten Verdauungsstunden noch $\frac{3}{4}$ der gesamten verfütterten Kohlehydrate daselbst ungelöst vorhanden waren. In der 3. und 4. Verdauungsstunde fanden sich nur noch $\frac{2}{3}$, in den späteren Stunden nur noch $\frac{1}{3}$ vor. Dadurch, daß so beträchtliche Mengen von Kohlehydraten in den Dickdarm gelangen, werden dort neben den daselbst (namentlich im Coecum) noch ablaufenden Verdauungsvorgängen auch lebhaft Gärungen vor sich gehen. Die sich bei diesen Gärungen entwickelnden Säuren und Gasmengen können leicht die Ursachen von Darmkatarrhen, Tympanitis usw. sein.

Die im Dünndarm ablaufenden Verdauungs- und Resorptionsvorgänge sind nicht mit derselben Sicherheit zu verfolgen wie die im Magen stattfindenden. Zunächst liegt dies darin begründet, daß die Größe der aus dem Körper stammenden Flüssigkeits- und Sekretmengen außerordentlich beträchtlichen individuellen Schwankungen unterworfen, stets aber im Verhältnis zu den aus dem Magen in den Darm übergetretenen unverdauten Nährstoffen sehr groß ist. Da, wie auch wir wiederum feststellen konnten, stets nur geringe Mengen derselben im Dünndarm anzutreffen sind, so werden diese stets einer sehr gründlichen Verdauung unterliegen, deren Größe sich wiederum nach den individuellen Schwankungen in weitestem Maße unterworfenen enzymhaltigen Sekreten der Darmschleimhaut und ihrer Anhangsdrüsen richtet. Weiterhin stellen aber die großen schleimigen Dünndarminhalte, die in ihrem Gewichte zwischen 4000 und

10000 g schwanken und meist nur 3—4% Trockensubstanz enthalten, der chemischen Verarbeitung und einer zuverlässigen Berechnung derartige Schwierigkeiten in den Weg, daß vor allem bei Bestimmungen von Bestandteilen, die sowohl aus den Nahrungsmitteln als aus den Darmsekreten stammen, die Fehlergrenzen viel zu weit werden, als daß eine einigermaßen befriedigende Genauigkeit erzielt werden könnte. Wir beschränken uns demnach nur darauf, die Verdauung und Resorption der Kohlehydrate anzugeben. Die Stärke ist der wichtigste Bestandteil des Versuchsfutters, kann nur aus diesem stammen und läßt sich infolgedessen, abgesehen von den bei der Analyse und Berechnung störenden großen Inhaltsmengen usw., einwandfrei bestimmen. Um aber einen Überblick über die großen Verschiedenheiten der Inhaltsmengen, des Wassergehaltes und die daraus der analytischen Verarbeitung erwachsenden Schwierigkeiten zu geben, sind in der folgenden Tabelle XI die einzelnen Inhaltsmengen, deren Trockensubstanz- und Rohfasergehalt, sowie diejenige Menge Wasser angegeben, die auf 1 g Trockensubstanz zu rechnen ist.

Tabelle XI.

Nr. des Pferdes	Stunde der Verdauung	Menge des Dünndarm-inhaltes g	Trockensubstanz-gehalt g	Rohfasergehalt g	Auf 1 g Trockensubstanz kommen g Wasser	Wassergehalt des Dünndarm-inhaltes %
1	1/2—1	6650	178	6,9	36,4	96,2
2		5808	162	4,4	35	97,0
3	1—1 1/2	3800	254,6	6,9	14	93,3
4		7520	480	13,6	14,6	93,6
5	1 1/2—2	6665	243	3,2	26,4	96,4
6		10360	295	6,4	34,1	96,6
7		4300	126	5,4	33,1	97,1
8	3—3 1/2	9800	700	17,2	13,1	92,9
9	4—4 1/2	3715	89,6	3	40,7	97,9
10	6—6 1/2	5790	197,6	4,6	28,3	96,6
11	8—8 1/2	7430	206,3	5,1	35	97,1

a) Verdauung der Kohlehydrate.

Die Verdauung ist genau in der beim Magen geschilderten Weise berechnet worden, indem die von den im Dünndarm aus der Rohfaser berechneten Kohlehydraten als gelöst zu betrachtenden Anteile als verdaut angesehen wurden.

Tabelle XII.

Nr. des Pferdes	Verdauungsstunde	Im Dünndarm ungelöst	Aus der Rohfaser berechnet	Verdaut	
				g	%
1	$\frac{1}{2}$ —1	90,5	220,8	130,3	59
2		16,2	153,5	137,3	89,4
3	1—1 $\frac{1}{2}$	76,8	240,8	164	68,1
4		155,3	474,5	319,2	67,3
5	1 $\frac{1}{2}$ —2	30,9	111,7	80,8	72,4
6		35,6	233,3	197,7	84,7
7		58,7	176,8	118,1	62,3
8	3—3 $\frac{1}{2}$	501,4	611,4	110	21,9
9	4—4 $\frac{1}{2}$	15,6	104,7	89,1	85,1
10	6—6 $\frac{1}{2}$	37,7	160,5	122,8	76,5
11	8—8 $\frac{1}{2}$	39,6	176,1	136,5	77,5

Der Vergleich der Prozentzahlen zeigt, daß von einer Regelmäßigkeit der Verdauungsvorgänge nach Verdauungsstunden wie im Magen nicht geredet werden kann. Die Verdauung ist schon anfänglich recht bedeutend und sinkt nur in einem Falle (Pferd 8)¹⁾ weit unter 60%. Im allgemeinen sind immer ca. 60 bis 80% der im Dünndarm anwesenden Kohlehydrate als verdaut anzusehen, nur in vereinzelt Fällen wird diese Menge überschritten. Offenbar hängt die Größe der Verdauung nicht von

¹⁾ Die Ursache dieser abnorm niedrigen Verdauung bei Pferd 8 konnte nicht festgestellt werden, doch hängt dieselbe sicherlich mit irgend einer krankhaften Veranlagung zusammen, worauf auch das bei diesem Tiere stattgehabte überaus rasche Vorrücken des Inhaltes hindeutet. Eine Nachprüfung durch einen Kontrollversuch mußte aus äußeren Gründen unterbleiben.

der Verdauungsstunde, sondern von anderen, durch die Individualität des Tieres oder andere Umstände bedingten Verhältnissen ab. Es liegt nahe, eine solche Ursache in dem Wasserreichtum des Inhaltes, der wohl mit dem Enzymreichtume zusammenhängt, zu suchen. Ein Blick auf die Tabelle XI zeigt, daß tatsächlich in den Fällen, in denen die größten Mengen Wasser auf 1 g Trockensubstanz zu rechnen sind, auch die Kohlehydratverdauung am weitesten fortgeschritten ist (cf. Pferd 2, 6, 9), und daß bei dem oben erwähnten Pferd 8 mit niedrigster Kohlehydratverdauung auch der Wassergehalt des Dünndarm-inhaltes offenbar am geringsten ist. Irgendwelche bindende Schlüsse, die neue Grundsätze im Ablauf der Darmverdauung erkennen lassen, kann man natürlich aus diesen unsicheren Vermutungen nicht ziehen. Ein Fortschreiten der Verdauung im Dünndarm nach Verdauungsstunden ist schon deshalb nicht zu erwarten, da immer neuer Mageninhalt austritt, der schon mehr oder weniger verdaut ist. Auch im Dünndarm ist wie im Magen die Verdauung der Kohlehydrate geringer als bei Haferfütterung, bei der nach Scheunert¹⁾ meist 80—90% der im Darm befindlichen Kohlehydrate verdaut sind. Ganz abgesehen von dem rascheren Fortrücken des Darminhaltes kommen also schon hierdurch viel größere Mengen, etwa 10—20% mehr, Kohlehydrate in den Dickdarm, bzw. es befindet sich bei Maisfütterung der aus dem Dünndarm austretende Chymus in einem bedeutend geringeren Grade der Verdauung.

b) Resorption der Kohlehydrate.

Die Aufstellung der Zahlen für das Maß der Resorption der Kohlehydrate im Dünndarm ist ebenfalls nach den oben genauer auseinandergesetzten Prinzipien erfolgt.

Die Zusammenstellung zeigt, daß die Resorption genau so, wie wir beim Magen feststellen konnten, im allgemeinen der Verdauung proportional verläuft, indem bei einer hochgradigen Verdauung auch eine bedeutende Resorption und umgekehrt angenommen werden darf. Allerdings tritt bei der Betrachtung der Prozentzahlen der Resorption mehr die Neigung

¹⁾ loc. cit.

hervor, mit dem Fortschreiten der Verdauungsstunden allmählich anzuwachsen.

Tabelle XIII.

Kohlehydratresorption im Dünndarm.

Nr. des Pferdes	Stunde	Ge- fundene Kohle- hydrate	Aus der Rohfaser be- rechnete Kohle- hydrate	Resorbiert		Zucker	
				g	‰	g	berechnet auf die im Darm gefundenen Kohle- hydrate ‰
1	1/2—1	113,1	220,8	107,7	48,8	25,1	11,4
2		35,5	153,5	118,0	76,9	12,5	8,1
3	1—1 1/2	118,8	240,8	122	50,7	33,6	14,0
4		218,5	474,5	256	54	44,6	9,4
5	1 1/2—2	80,2	111,7	31,5	28,2	43,6	39,0
6		108,6	233,3	124,7	53,5	59,6	25,6
7		77,5	176,8	99,3	56,2	20,9	11,8
8	3—3 1/2	570,5	611,4	40,9	6,7	69,9	11,4
9	4—4 1/2	16,5	104,7	88,2	84,2	0,9	0,86
10	6—6 1/2	37,7	160,5	122,8	76,5	0	0
11	8—8 1/2	39,6	176,1	136,5	77,5	0	0

Dies geht auch deutlich aus der der Tabelle beigegebenen Rubrik, welche die Größe der im Darm bei jedem einzelnen Versuche vorgefundenen gelösten Zuckermenge angibt, hervor. Diese zeigt anfangs ein Anwachsen bis zur 2. Verdauungsstunde, in den späteren Stunden einen deutlichen, raschen Abfall. Bei der Berechnung der im Darm vorgefundenen gelösten Zuckermenge in Prozenten des gesamten Inhaltes zeigt sich, daß dieselbe nur eine ganz geringe Höhe erreicht. Eine halbe Stunde p. pab. betrug sie durchschnittlich 0,3‰, nach 1 Stunde 0,74‰, nach 1 1/2 Stunden 0,52‰, nach 3 Stunden 0,7‰ und nach 4 Stunden nur noch 0,02‰ des Gesamtinhaltes. In den späteren Verdauungsstunden fanden wir Zucker überhaupt nicht mehr, dann sind also sämtliche verdaute Kohlehydrate bereits als resorbiert oder als teilweise in Gärungs-

säuren, besonders Milchsäure, übergeführt anzusehen, die, wie schon erwähnt, von uns nicht bestimmt worden ist, bekanntlich aber ebenfalls resorbiert wird. Im allgemeinen glauben wir annehmen zu dürfen, daß im Dünndarm von den in ihn gelangten Kohlehydraten des Futtermittels nach 4 Stunden 70—80% als aufgesaugt aufgefaßt werden können. Zum Vergleiche sei erwähnt, daß die Resorption der Kohlehydrate bei Haferfütterung als beträchtlicher anzusehen ist, indem in den ersten 2 Verdauungsstunden 70—80%, später sogar ca. 90% als resorbiert aufzufassen sind.

Die Verdauung und Resorption der gesamten Mahlzeit.

Tabelle XIV.

Nr. des Pferdes	Verdauungsstunde	Im Magen + Dünndarm berechnete Kohlehydrate	Im Magen verdaut		Im Dünndarm verdaut		Gesamtverdauung		Mittel %
			g	%	g	%	g	%	
1	1,2—1	1123	58,3	5,2	130,3	11,6	188,6	16,8	19,5
2		956	75,2	7,9	137,3	14,3	212,5	22,2	
3	1—1½	963	60,3	6,3	164	17,0	224,3	23,3	31,3
4		963	58,1	6	319,2	33,2	377,3	39,2	
5	1½—2	963	99,5	10,3	80,8	8,4	180,3	18,7	29,9
6		1032	127,6	12,4	197,7	19,2	325,3	31,6	
7		487,1	74,1	15,2	118,1	24,3	192,2	39,5	
8	3—3½	692,3	20	2,9	110	16	130	18,9	18,9
9	4—4½	992,3	257,4	25,9	89,1	9	364,5	34,9	34,9
10	6—6½	599,2	143,4	23,9	122,8	20,5	266,2	44,4	44,4
11	8—8½	661,4	179,8	27,2	136,5	20,6	316,3	47,6	47,6

Zum Schlusse unsrer Ausführungen erscheint es berechtigt, noch einen Überblick über den Ablauf der Verdauungs- und Resorptionsvorgänge in ihrer Gesamtheit, soweit sie im Magen und Dünndarm vor sich gehen, zu gewinnen. Wir haben zu diesem Zwecke die Berechnung im folgenden in der Weise angestellt, daß wir die jeweilig im Magen und Dünndarm verdauten

Mengen in Prozenten der gesamten durch die Analyse in diesen Darmabschnitten vorgefundenen Nährstoffmenge zum Ausdruck brachten. Aus den bei der Darmverdauung näher geschilderten Gründen beschränkten wir uns auch hier nur auf die Darstellung der für die Kohlehydrate geltenden Verhältnisse, wobei aus Tabelle XIV die Gesamtverdauung und in Tabelle XV die Gesamtresorption zu ersehen ist.

Die vorstehende Tabelle lehrt, daß bis zur 3. Verdauungsstunde die Verdauung im Dünndarm, in den späteren dagegen die im Magen die ausgiebigere ist. Bezüglich der Gesamtverdauung zeigt sich, daß ein deutliches, langsames Anwachsen der Verdauungsgröße mit fortschreitender Verdauungsstunde angenommen werden muß. Irgendwelche besondere Unregelmäßigkeiten treten nicht mehr hervor, außer bei Pferd 8, das nach 3 Stunden eine auffallend geringe Verdauung zeigt, die wohl durch das abnorm schnelle Vorrücken des Chymus im Verdauungskanal eine Erklärung findet. Mit der Verdauung bei Haferfütterung verglichen, sind die die Ausgiebigkeit angegebenden Prozentzahlen, wie schon mehrfach erwähnt, sehr gering. Während vom Mais im Verlauf der 2. Verdauungsstunde etwa 30% und erst in der 8.—9. Stunde knapp 50% als verdaut angesehen werden müssen, sind bei Haferfütterung ca. 50% schon in der 2.—3. Stunde verdaut. Genau, wie bei Haferfütterung festgestellt werden konnte, bietet aber auch die gesamte Verdauung des Mais trotz der Beträchtlichkeit der Dünndarmverdauung in ihrem langsamen Ansteigen zu nur geringer Höhe ein Bild der bei der Magenverdauung festgestellten Verhältnisse dar.

Wie schon mehrfach erwähnt, zeigen die Resorptionsvorgänge ein genaues Bild der Verdauung. Dies ist auch bei der Gesamtresorption der Fall. Anfangs überwiegt die Menge der als aufgesaugt aufgefaßten Kohlehydrate im Dünndarm, in den späteren Stunden im Magen. Die Gesamtresorption steigt langsam, aber doch schneller wie die Verdauung an, indem von den verdauten Nährstoffen anfangs nur wenig, in den späteren Stunden (6—9) fast ihre gesamte Menge als resorbiert zu betrachten ist. Beim Vergleich mit der Resorption bei Haferfütterung ist es interessant, hervorzuheben, daß 2

Stunden nach der Verabreichung beider Futtermittel ca. 20% ihrer Kohlehydrate als resorbiert anzusehen sind. Bei Haferfütterung wird allerdings in den späteren Stunden die Resorption insofern beträchtlicher, als nach 6 Stunden ca. 50% aufgesaugt sind, während beim Mais diese Größe der Aufsaugung erst späteren Stunden (8—9) vorbehalten zu sein scheint.

Tabelle XV.

Gesamtresorption der Kohlehydrate.

Nr. des Pferdes	Stunde der Verdauung	Kohlehydrate berechnet in Magen u. Darm	Resorption im Magen		Resorption im Darm		Gesamtresorption		Mittel
			g	%	g	%	g	%	
1	1/2—1	1123	2,1	0,2	107,7	9,6	109,8	9,8	12,1
2		956	19,5	2	118,0	12,3	137,5	14,3	
3	1—1 1/2	963	20	2,1	122	12,7	142	14,8	22,1
4		963	26	2,7	256	26,6	282	29,3	
5	1 1/2—2	963	77,2	8	31,5	3,3	108,7	11,3	21,6
6		1023	79,5	7,7	124,7	12,1	204,2	19,8	
7		487,1	64,3	13,2	99,3	20,4	163,6	33,6	
8	3—3 1/2	692,3	19,5	2,8	40,9	5,9	60,4	8,7	8,7
9	4—4 1/2	992,3	171,8	17,3	88,2	8,9	260,0	26,2	26,2
10	6—6 1/2	599,2	138,7	23,2	122,8	20,5	261,5	43,7	43,7
11	8—8 1/2	661,4	174,8	26,4	136,5	20,6	311,3	47	47

Schlußbetrachtung.

Unsere Versuche bezweckten, die bei Maisfütterung der Pferde im Verdauungskanaale herrschenden Verhältnisse kennen zu lernen, die Größe der Ausgiebigkeit der Verdauung dieses Futtermittels beim Pferde zahlenmäßig festzulegen und die Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, nach denen Verdauung und Absorption der Nährstoffe abläuft. Nebenbei bezweckten unsere Untersuchungen, auf Grund der Erkenntnis aller der oben erwähnten Vorgänge, eine Erklärung für die bei Maisfütterung häufig eintretenden Krankheiten zu finden. Während uns die Lösung der zuerst erwähnten Fragen zweifellos gelungen ist, müssen wir

die zweite Frage noch offen lassen, da sich zu ihrer Beantwortung weitere, von anderen Gesichtspunkten aus anzustellende Untersuchungen als unbedingt notwendig erwiesen haben.

Die von uns in bezug auf beide Fragen gewonnenen Resultate lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen:

1. Das Vorrücken der Inhalte bei Maisfütterung innerhalb des Verdauungskanal ist sehr großen Unregelmäßigkeiten ausgesetzt und findet innerhalb der in den Versuchsbereich gezogenen Stunden, insbesondere der Übertritt aus dem Dünndarm in das Caecum, viel rascher als bei Haferfütterung statt. Der Übertritt von Mageninhalt in den Dünndarm beginnt auch bei relativ kleinen Mahlzeiten schon sehr frühzeitig, denn wir fanden schon $\frac{1}{2}$ Stunde nach Beendigung des Fressens bedeutende Mengen im Dünndarm vor.

2. Die scheinbar dünnbreiige Beschaffenheit des Mageninhaltes ist nicht etwa einem besonders erheblichen Wassergehalte, sondern dem großen Reichtume des Futtermittels an Kohlehydraten und seiner Armut an Cellulose zuzuschreiben.

3. Die Reaktion der Ingesta des Magens ist nur anfangs im ganzen Magen, abgesehen von der der Fundusdrüsenschleimhaut direkt anliegenden Schicht, alkalisch. Bald tritt eine saure Reaktion und zwar zunächst in den Inhalten der rechten und bald auch in denen der linken, cardiaseitigen Partie des Magens auf. Nach der Cardia zu besteht die alkalische Reaktion am längsten. Die Reaktion des Dünndarminhaltes verhält sich anders als bei Haferfütterung. Sie ist in der ersten Verdauungsstunde durchgängig alkalisch; schon im Verlauf der folgenden Stunde beginnt im Anfange des Dünndarmes eine neutrale Reaktion zu herrschen, die sich mit fortschreitender Zeit immer weiter ausdehnt. Schließlich tritt saure Reaktion ein, die nach 4stündiger Verdauung im Anfang und nach 6stündiger in der ganzen Länge des Dünndarmes herrscht. Dies trifft man bei Heu- und Haferfütterung fast nie, bei denen der Inhalt des Endabschnittes, meist der Endhälfte des Dünndarmes alkalisch reagiert. In noch späteren Stunden (8—9) ist bei Maisfütterung sogar die Reaktion des

Inhaltes des Blinddarmes und des Colons sauer geworden, die bei Haferfütterung stets alkalisch ist.

Die Ursache dieser sauern Reaktion ist in dem überaus großen Reichtume des Mais an Kohlehydraten zu suchen, die einer ausgiebigen Milchsäuregärung unterliegen. In allen fraglichen Fällen konnte freie Milchsäure im Magen und im Darm nachgewiesen werden. Die saure Reaktion des Dickdarminhaltes, die normalerweise nicht vorkommen darf, wird verursacht durch die große Menge von nicht absorbierten und nicht verdauten Kohlehydraten, die in den Dickdarm gelangen. Die Ansammlung von Gärungsprodukten dieser Kohlehydrate (Gärungssäure und Gase) dürfte schwere Störungen der Verdauungsvorgänge bedingen.

4. Bei Maisfütterung finden im Verdauungskana le ganz unabhängig von der Reaktion des Inhaltes stets neben Milchsäuregärung auch andere Gärungen unter Entwicklung teils brennbarer, teils nicht brennbarer Gase statt.

Nach Beobachtung an einem Pferde treten diese Gase in verhältnismäßig kurzer Zeit in sehr großen Mengen auf, und vermögen demnach leicht bei vorhandener Disposition schwere Koliken, Magen- und Darmzerreißen herbeizuführen.

5. Der Übertritt von Dünndarminhalt in das Caecum beginnt bei Maisfütterung sehr früh, schon in der zweiten Verdauungsstunde, während bei Haferfütterung dieser Zeitpunkt erst nach 4 Stunden eintritt.

Nach Maisfütterung war nach 3 Stunden etwa ein Drittel, nach 6 und 8 Stunden etwas mehr als die Hälfte des Versuchsfutters übergetreten.

6. Eine Durchmischung des Mageninhaltes durch die Magenbewegungen findet trotz der dünnbreiigen Beschaffenheit desselben nicht statt, da noch in den späteren Stunden die chemische Verschiedenheit der Inhalte der einzelnen Magenabteilungen nachgewiesen werden konnte.

So fanden wir noch in der 2. Verdauungsstunde verschiedene Reaktion und einige daraufgerichtete Analysen ergaben stets verschiedene Werte an Wasser und Zucker. Eine genauere Bestimmung bei zahlreichen Individuen hielten wir für unnötig, da zahlreiche frühere Versuche darüber vorlagen und auch in neuerer Zeit diesbezügliches von dem einen von uns berichtet worden ist.

7. Die Kohlehydratverdauung im Magen steigt mit der Zeit sehr langsam an und ist weniger ausgiebig als bei Haferfütterung. Während im Verlaufe der zweiten Verdauungsstunde durchschnittlich 15% verdaut werden, sind nach

6 Stunden nur 30% und in der 8. bis 9. Stunde erst 40% der Nährstoffe der im Magen verbliebenen Nahrung als verdaut aufzufassen.

Diese in den späteren Stunden auffallend geringgradige Verdauung der Kohlehydrate kann nur durch eine Hemmung der Wirksamkeit der amylolytischen Enzyme infolge des reichlichen Auftretens freier Milch- und Salzsäure erklärt werden.

8. Die Verdauung der Proteinsubstanzen ist hingegen recht lebhaft und bedeutend und übersteigt sogar die Verdauung desselben Nährstoffes bei Haferfütterung in den späteren Stunden, während sie anfänglich ungefähr gleich mit ihr verläuft. Nach 5—6 Stunden sind von beiden Futtermitteln durchschnittlich 50% des von ihnen im Magen verbliebenen Eiweißes verdaut.

Die große Ausgiebigkeit der Eiweißverdauung hängt ebenfalls mit dem erheblichen Auftreten freier Säure in den späteren Stunden zusammen.

9. Die im Magen statthabende Resorption scheint viel beträchtlicher zu sein, als vielfach angenommen wird und beginnt in nennenswerter Weise erst im Verlaufe der zweiten Verdauungsstunde. Sie verläuft im allgemeinen ganz analog der Verdauung, nur zeigt ihre Größe in den späteren Stunden ein viel schnelleres Anwachsen. Während nämlich in den ersten Stunden nach der Nahrungsaufnahme nur etwa die Hälfte der verdauten Nährstoffe als resorbiert anzusehen ist, ist später in der 6. bis 9. Stunde bis zu 90% und mehr alles Verdauten aufgesaugt worden bzw. aus dem Magen verschwunden.

10. Von den Kohlehydraten der im Magen verbliebenen Nahrungsmenge sind nach 8 Stunden ca. 35—40%, von Eiweißkörpern in derselben Zeit ca. 60% aus dem Magen verschwunden bzw. von seiner Schleimhaut aufgesaugt.

11. Der Zuckergehalt ist im Magen immer gering und scheint 5% der im Inhalte enthaltenen Kohlehydrate im allgemeinen nicht zu überschreiten. Auf den Gesamtmageninhalt berechnet beträgt die gelöste Zuckermenge selten mehr wie 1,5%, meist weniger wie 1% und sinkt nach 8 Stunden auf 0,17%, der Zuckergehalt korrespondiert mit dem Anwachsen der Resorption (bzw. des Verschwindens

der gelösten Teile des Mageninhaltes), durch die ein allzu hohes Anwachsen der Verdauungsprodukte verhindert wird.

12. Die Verdauung der im Dünndarm vorhandenen Nahrungsmengen ist immer sehr beträchtlich und schwankt für die Kohlehydrate meist zwischen 60 und 80%.

Sie scheint weniger von der Verdauungsstunde als vielmehr von anderen Verhältnissen, z. B. dem Wasser- und Sekretgehalt des Dünndarminhaltes, dem Übertritt aus dem Magen und dergleichen abhängig zu sein.

13. Die Resorption im Dünndarm wächst mit zunehmender Dauer der Verdauung an. Während sie für die Kohlehydrate in den beiden ersten Stunden ca. 50% beträgt, sind später nach 6—9 Stunden ungefähr 80% der Kohlehydrate der daselbst vorhandenen Nahrungsmenge aufgesaugt worden.

Zucker ist im Dünndarminhalt nur sehr wenig vorhanden und findet sich überhaupt nur bis zur 4. Stunde, in der noch 0,02% vorhanden sind. Durchschnittlich schwankt er zwischen 0,3 und 0,7% des gesamten Inhaltes.

14. Bei Maisfütterung sind die im Dünndarm verdauten und resorbierten Kohlehydratmengen etwas geringer als bei Haferfütterung.

15. Die Betrachtung der Ausgiebigkeit der Verdauung und Resorption der Kohlehydrate in bezug auf die gesamten im Magen und Darm ablaufenden Vorgänge ergibt, daß in den ersten beiden Verdauungsstunden durchschnittlich 20 bis 30% verdaut und ca. 20% der mit der Mahlzeit aufgenommenen Kohlehydrate aufgesaugt worden sind. In der 8. bis 9. Stunde ist sowohl Resorption wie auch Verdauung auf ca. 50% dieses Nährstoffes angestiegen.