

(Aus der physiol.-chem. Abteilung der tierärztl. Hochschule zu Dresden.
Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Ellenberger.)

Über den Einfluss der Körperbewegung auf die Verdauung und Nährstoffabsorption des Pferdes.

Von

Arthur Scheunert.

Die Frage, ob und in welcher Weise die Körperbewegung einen Einfluss auf die Verdauungsvorgänge auszuüben vermag, beansprucht sowohl in theoretischer als auch in praktischer Beziehung das grösste Interesse. Trotzdem ist diese Frage nur von relativ wenigen Forschern einer gründlichen Prüfung unterzogen worden, und fast alle derartigen Untersuchungen beziehen sich nur auf den Menschen und den Hund. Grössere Versuchsreihen liegen überhaupt nicht vor, obwohl dieselben im Hinblick auf die grossen individuellen Verschiedenheiten, welche Menschen und Tiere gerade bezüglich ihrer Verdauungsvorgänge darbieten, notwendig gewesen wären. Die bisher ausgeführten Untersuchungen haben zu so verschiedenen und teilweise widersprechenden Resultaten geführt, dass die von den meisten Autoren vertretene Anschauung, die dahin geht, dass die Verdauung durch die Körperbewegung ungünstig beeinflusst wird, wohl mehr auf alten Traditionen beruht, als auf den festen Grundlagen exakter, experimenteller Forschung aufgebaut sein dürfte. Während einige Forscher, welche Versuche über die uns hier beschäftigende Frage angestellt haben, eine Beeinflussung der Verdauungsvorgänge durch körperliche Bewegung nicht festzustellen vermochten (Forster, Streng, Rosenberg, E. Wolff), glaubten andere eine hemmende Wirkung annehmen zu müssen (Villain, J. Cohn, Spirig, Salvioli, Grandeau und Leclerc usw.). Eine vollständige Zusammenfassung der betreffenden Literatur findet man in der Arbeit von Tangl¹⁾: „Über den Einfluss der Körper-

1) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 545.

bewegung auf die Magenverdauung“, die im Jahre 1896 erschienen ist. Es sei hiermit auf dieselbe verwiesen, da es unnötig erscheint, die fraglichen Literaturangaben hier nochmals zu besprechen.

Tangl schreibt am Schlusse seiner Literaturübersicht¹⁾: „Aus dieser Übersicht dürfte es zur Genüge hervorgehen, dass wir über den Einfluss der Körperbewegung auf die Verdauung kaum etwas Bestimmtes wissen, weder was die Gesamtausnutzung der Nahrung noch was die verschiedenen Verdauungsvorgänge in den einzelnen Abteilungen des Magen-Darmkanals betrifft. Einerseits gelangten die verschiedenen Forscher bei derselben Tiergattung zu widersprechenden Resultaten, anderseits ist es ja noch gar nicht festgestellt, wie weit man in dieser Frage von einer Tierspezies auf eine andere folgern kann, da unsere diesbezüglichen vergleichend physiologischen Kenntnisse noch ziemlich lückenhaft sind.“

Nächst dieser Arbeit Tangl's, die als ursächlich mit der vorliegenden zusammenhängend einer genaueren Besprechung im folgenden unterzogen werden soll, ist aus der neueren Literatur noch eine Angabe von Loewy²⁾ zu erwähnen, welcher fand, dass beim Marschieren, also bei Bewegung, die Resorption im Dünndarm und damit die Ausnutzung der Nahrung in jeder Weise befördert wird. Eine neuere spezielle Bearbeitung der Frage scheint nach der zugänglichen Literatur nicht erfolgt zu sein, auch in den neueren Lehr- und Handbüchern der Physiologie finden sich teils gar keine, teils widersprechende Angaben.

Im hiesigen physiologischen Institute sind bekanntlich eingehende Untersuchungen über die Verdauung und Verdauungssäfte der Haus-säugetiere, deren Ergebnisse in zahlreichen Artikeln niedergelegt sind, vorgenommen worden. Gelegentlich dieser Untersuchungen sollte auch der Einfluss studiert werden, welchen Körperbewegungen auf die Verdauungsvorgänge und die Bewegungen des Magens und Darmkanals der Haustiere ausüben. Auf Veranlassung des Instituts-vorstehers (Prof. Ellenberger) stellte Tangl im Hinblick auf die Unklarheit, welche bezüglich dieser Frage herrscht, im hiesigen Institut behufs Studiums des Einflusses der Körperbewegung auf die Verdauung eine Anzahl Versuche an.

1) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 550.

2) A. Loewy, Beiträge zum Stoff- und Energieumsatz des Menschen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1901 S. 299, 364.

Als Versuchstier wurde das Pferd, also ein reiner Pflanzenfresser gewählt, während die früheren Untersucher, wie erwähnt, Carni- oder Omnivoren zu ihren Versuchen benutzt hatten. Tangl verwandte im ganzen zehn Pferde, konnte aber die Untersuchungen nicht bei allen Tieren vollständig durchführen¹⁾.

1) In dieser Beziehung mag von mir folgendes bemerkt sein: Aus den oben dargelegten Gründen liess ich 1895 die von Tangl begonnenen, aber nicht zum Abschlusse gelangten Versuche durch meinen damaligen Assistenten, den Chemiker Dr. Seeliger wieder aufnehmen. Leider musste auch dieser die Untersuchungen wegen seiner Berufung in eine andere Stelle abbrechen. Gleiches trat bei seinen Nachfolgern, den Chemikern Dr. Klimmer und Dr. Bengen ein, welche auf meinen Wunsch neben anderen Untersuchungen ebenfalls einige Versuche über den Einfluss der Körperbewegung auf die Verdauung der Pferde durchführten, ohne aber, infolge ihrer zu frühzeitigen Abberufung aus ihrer Stellung, in meinem Institute einen Abschluss herbeiführen zu können.

Der Verfasser des vorliegenden Artikels, der Chemiker Dr. Scheunert, hat zur Ergänzung und Kontrolle der früheren Versuche von neuem eine Reihe einschlagender Versuche mit Pferden ausgeführt und alle notwendigen Ergänzungsuntersuchungen vorgenommen. Er hat sich sodann der zeitraubenden, mühe- und verdienstvollen Arbeit unterzogen, das vorliegende grosse Material zu sichten, die ungemein zahlreichen Analysen seiner Vorgänger durchzurechnen, das Material sachgemäss zusammenzustellen und die Ergebnisse seiner Untersuchungen und Arbeiten und diejenigen seiner Vorgänger in der vorliegenden Abhandlung niederzulegen.

Ogleich 33 Pferde zu unseren Untersuchungen verwendet wurden, sind doch noch manche Fragen ungelöst geblieben und zeigt unsere Versuchsreihe noch manche Lücke. Trotzdem musste ich die Untersuchungen abschliessen lassen, weil mir die Mittel und die Arbeitskräfte zur Fortsetzung derselben fehlen. Ausserdem dürfte noch von keiner Seite in gleich ausgedehnter Weise die vorliegende Frage experimentell geprüft worden sein. Die Untersuchungen waren sehr zeitraubend und boten eigenartige Schwierigkeiten, die noch dadurch erheblich vermehrt wurden, dass sich die Versuche auf viele Jahre erstreckten, dass die untersuchenden Chemiker, die sich stets zunächst die nötige Übung in diesen Untersuchungen aneignen mussten, so oft wechselten und dass das Versuchsfutter (der Hafer) immer von neuem analysiert werden musste, und zwar deshalb, weil zu den jedesmaligen neuen Versuchen entweder anderer Hafer angekauft worden war, oder weil der vorhandene so lange gelegen und sich dabei so verändert hatte, dass neue Analysen desselben unbedingt nötig waren. Dazu kam, dass auch die Beschaffung geeigneter Versuchstiere zuweilen mit grossen Schwierigkeiten verbunden war. Die erwähnten Umstände und die weitere Tatsache, dass mir nur immer ein einziger Chemiker zur Verfügung stand, der ausserdem alle anderen chemischen Arbeiten im Institute auszuführen hatte und bei den Unterrichtskursen tätig sein musste, erklären es, dass eine lange Reihe von Jahren nötig war, um die Untersuchungen zu einem einigermaßen befriedigenden Abschlusse zu bringen. Ellenberger.

Die Methode der Tangl'schen Untersuchung ist dieselbe, wie sie in den achtziger und neunziger Jahren von Ellenberger und Hofmeister bei ihren umfassenden Untersuchungen über die gesamten Verdauungsvorgänge der Haustiere ausgearbeitet worden ist.

Durch geeignete Fütterung und 36stündiges Hungern wurde dafür gesorgt, dass Magen und Dünndarm frei von Resten früherer Mahlzeiten und vor allem frei von dem als Versuchsfutter benutzten Nahrungsmittel waren. Dann bekamen die Tiere die Versuchsmahlzeit, aus analysiertem Hafer bestehend, vorgelegt und wurden nach beendeter Nahrungsaufnahme entweder eine Stunde ruhen gelassen oder dieselbe Zeit im Schritt und Trab, seltener kurze Zeit auch im Galopp bewegt und dann getötet. Magen und Dünndarm wurden hierauf so rasch als möglich unterbunden, exenteriert und rasch derart abgekühlt, dass weitere Verdauungsvorgänge nicht mehr ablaufen konnten; dann gelangte der Mageninhalt zur Untersuchung, und zwar wurden Reaktion, gelöste und ungelöste Stoffe, Rohfaser und bei zwei Versuchstieren die gelösten und ungelösten Kohlehydrate bestimmt. Diese Versuche lieferten ganz überraschende und den bisherigen, herrschenden Anschauungen widersprechende Ergebnisse. Zunächst zeigte sich, dass beim Pferde die Körperbewegung die Entleerung des Magens nach dem Darm beträchtlich verlangsamt und die Wassersekretion der Magenschleimhaut steigert. Als eine Folge dieser verzögerten Entleerung machten es die zwei in dieser Richtung ausgeführten Versuche wahrscheinlich, dass die Kohlehydratverdauung beim bewegten Pferde rascher fortschreitet als beim ruhenden.

Die auf die Kohlehydratverdauung bezüglichen Schlüsse gründen sich nur auf die Beobachtungen an zwei Versuchstieren, und ausserdem beziehen sich sämtliche Versuche nur auf die erste oder, wenn man die Dauer der Mahlzeit mitrechnet, höchstens auf die zwei ersten Verdauungsstunden, also auf einen Zeitabschnitt, in dem, wie Ellenberger und Hofmeister¹⁾ nachgewiesen haben, die Magenverdauung sich nur oder hauptsächlich in ihrer ersten der rein amylolytischen und der vorherrschend amylolytischen Periode befindet. Auf die Verdauung des Eiweisses erstrecken sich die Tangl'schen

1) Ellenberger und Hofmeister, Über die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes. III. Arch. f. prakt. u. wissensch. Tierheilk. Bd. 8 S. 28. 1882.

Untersuchungen überhaupt nicht. Tangl war leider infolge äusserer Umstände verhindert worden, die begonnenen Untersuchungen zu einem befriedigenden Abschlusse zu bringen und konnte, wie aus dem Vorstehenden ersichtlich, nur wenige der angestellten Versuche vollständig durchführen. Er betont in seiner Abhandlung selbst, dass seine Versuchsreihe zu klein und zu unvollständig sei, um weitgehende Schlussfolgerungen aus derselben zu ziehen.

Um nun die überraschenden Tangl'schen Ergebnisse einer Kontrolle zu unterziehen und ihre Gültigkeit auch für die weiteren Verdauungsstunden festzulegen, und um noch andere von Tangl unberücksichtigt gelassene oder ungenügend beachtete Fragen zu prüfen und die Frage nach der Einwirkung der Bewegung auf die Verdauung des Pferdes ihrer endgültigen Lösung näher zu bringen, sind die einschlägigen Versuche auf Veranlassung von Herrn Geheimrat Ellenberger im hiesigen Institut fortgesetzt worden. Der Versuchsplan hat dabei eine bedeutende Erweiterung erfahren, indem die Versuche nicht allein bis zur 5. resp. 5½—6. Stunde nach der Nahrungsaufnahme ausgedehnt, sondern auch, die Verdauungsvorgänge im Dünndarm und die Resorptionsvorgänge in den Kreis der Untersuchung gezogen wurden.

Es stellte sich bald heraus, dass infolge der individuellen Verschiedenheiten der Versuchstiere und infolge von Schwierigkeiten, die ihren Grund in den grossen Fehlergrenzen und -quellen haben, denen infolge der Versuchsanordnung die chemischen Arbeitsmethoden ausgesetzt sind, oft grosse Schwankungen in den Versuchsergebnissen hervortraten, allgemein gültige Schlüsse also nur auf Grund zahlreicher Versuche gezogen werden konnten. Es sind daher bis jetzt ausser den Tangl'schen Versuchspferden von uns noch weitere 23 Pferde, im ganzen also 33 Pferde zu den fraglichen Versuchen in unserem Institute verwendet worden. Obgleich trotz des umfangreichen Materials eine weitere Fortsetzung derselben erwünscht wäre, hat mich Herr Geheimrat Ellenberger beauftragt, dieselben abzuschliessen und über ihre Ergebnisse zu berichten, da wir zu der Überzeugung gekommen sind, dass die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen durch die grosse Zahl der angestellten Versuche genügend begründet sind, um aus denselben gewisse sichere Schlüsse ziehen zu können, die einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Lösung der Frage liefern dürften. Ausserdem glauben wir aber, dass eine endgültige Lösung auf der Basis der von uns

eingeschlagenen und innegehaltenen Untersuchungsmethode nur unter grossen Schwierigkeiten, d. h. durch lange währende und kostspielige Versuchsreihen erreicht werden könnte. Es mag auch noch erwähnt werden, dass eine Ausdehnung der Versuche auf spätere Verdauungsstunden vom theoretischen Standpunkte aus wohl das Interesse in Anspruch nehmen kann. Praktisch wäre dies aber ohne Bedeutung, da weder Menschen noch Tiere unter gewöhnlichen Verhältnissen länger als fünf Stunden bewegt werden, ohne dass eine Ruhepause mit Einnahme von Nahrungsmitteln eingeschoben wird.

Untersuchungsmethoden.

Der Gang der Untersuchung schloss sich eng an den von Ellenberger und Hofmeister¹⁾ ausgearbeiteten und auch von Tangl benutzten an und sei infolgedessen hier nur in aller Kürze so geschildert, wie ich die Versuche vorgenommen habe und wie dieselben im wesentlichen auch von meinen Vorgängern ausgeführt worden sind.

Die Versuchspferde waren kräftige, aber relativ alte Tiere, die nur dann zur Verwendung gelangten, wenn durch sorgfältige Beobachtung ihre vollkommene Gesundheit festgestellt war. Auch bei der Sektion wurden die Tiere nachträglich noch auf ihren Gesundheitszustand geprüft. Ich möchte besonders hervorheben, dass nicht etwa die zu ähnlichen Versuchen häufig benutzten sogenannten Anatomiepferde verwendet, sondern stets bessere Schlachtpferde der Pferdeschlächtereie angekauft wurden. Da sich im Laufe der Versuche herausstellte, dass die Verdauung durch Alter und Kraft des betreffenden Tieres ausserordentlich beeinflusst wird, wurde besonderer Wert auf die Anschaffung möglichst gleichaltriger und gleichkräftiger Tiere gelegt. Aus ähnlichen Gründen erhielten die Tiere zunächst eine Mahlzeit aus reinem Hafer vorgesetzt, um die Art und Weise der Aufnahme dieses Futtermittels: Kauen, Speicheln, Schlingen und Geschwindigkeit des Fressens zu beobachten. Die Tiere wurden dann, falls sich Anormalitäten nicht herausstellten, in den Stallungen des Institutes zur weiteren Beobachtung einige Tage bei normaler Fütterung gehalten. Zur Vorbereitung zum eigentlichen Versuch

1) Über die Verdauung und Verdauungssäfte des Pferdes. Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. Bd. 7—12.

erhielten sie zunächst nur Heu in reichlicher Menge, um den Verdauungsschlauch frei von Resten des Hafers zu machen. Darauf wurde ihnen während 36 Stunden, also während einer Zeit, die nach den Beobachtungen von Ellenberger¹⁾ unbedingt erforderlich ist, um Magen und Dünndarm von Resten früherer Mahlzeiten zu entleeren, nur Wasser angeboten, welches die Tiere allerdings nur in geringen Mengen oder gar nicht zu sich nahmen. Während der Hunger- und Heuperiode war die Streu aus dem Stande entfernt, während des Hungerns wurden die Pferde ausserdem kurz gehängt und alle von ihnen mit dem Maule erreichbaren Teile des Standes peinlich sauber gehalten. Holzteile wurden mit Eisenblech beschlagen. Dies alles geschah, um zu verhindern, dass die Tiere fremde, die Versuche störende Stoffe aufnahmen, was ohne die Beobachtung dieser Vorsichtsmassregeln sicher geschieht. Die Versuchsmahlzeit bestand anfänglich aus 2000 g eines analysierten Hafers; da diese aber von einigen Pferden nicht vollständig verzehrt wurden und bei dem Abrechnen der in der Krippe zurückgelassenen, lufttrocken gemachten Haferreste sich für die Menge des aufgenommenen Hafers Zahlen ergaben, die die Übersicht und die Berechnung erschwerten, so wurden später nur 1500 g Hafer verabreicht. Diese wurden, abgesehen von einem Pferd (7), stets vollständig aufgenommen. Während des Fressens wurde das Pferd genau beobachtet, Dauer der Nahrungsaufnahme und andere Beobachtungen notiert und Futterverluste durch Anwesenheit einer geeigneten Persönlichkeit verhindert. Nach beendeter Nahrungsaufnahme, die meist 20—30, selten bis 40 Minuten in Anspruch nahm, blieben die Tiere entweder ruhig im Stande stehen oder sie wurden sofort bewegt, was teils durch Longieren im Trab, teils unter dem Reiter geschah. Unnötige Aufregung des Versuchspferdes wurde hierbei streng vermieden und bei den länger als eine Stunde bewegten Tieren Ruhepausen von 10—25 Minuten eingeschoben.

Nach genau 1, 2, 3, 4, 5 Stunden Ruhe oder Bewegung nach beendeter Nahrungsaufnahme erfolgte die Tötung des Tieres im Institut durch Erschiessen mit einem Schussapparat nach Stahel-Stoff und nach folgendem Verbluten. Um ein Übertreten von Mageninhalt in den Darm, respektive vom Dünndarminhalt in das Caecum durch die während der Agonie stets beobachtete lebhaftige Magenbewegung

1) Arch. f. wissenschaftl. u. prakt. Tierheilk. Bd. 5 S. 434.

und Darmperistaltik zu vermeiden, wurde bei sieben Pferden die Bauchhöhle sofort geöffnet und rasch der Magen am Pylorus und der Dünndarm am distalen Ende des Ileums abgebunden und dann erst Verblutung herbeigeführt. Infolge der immerhin nicht unschwierigen und nicht ungefährlichen Ausführung dieser Manipulationen wurde späterhin bei den anderen Pferden das Öffnen der Bauchhöhle und Unterbinden erst unmittelbar nach dem Verbluten ausgeführt. Ferner wurde der Dünndarm durch Unterbindungen in 1—2 m lange Abschnitte zerlegt, alsdann Magen und Dünndarm exentriert und sofort in Eiswasser gelegt, um die Verdauungsvorgänge zu sistieren. Bei genügender Übung können diese sämtlichen Manipulationen in wenigen Minuten ausgeführt werden. Das Abteilen des Dünndarms in einzelne Abschnitte geschah, um erhebliche postmortale Verschiebungen des Darminhaltes, die durch die überlebenden peristaltischen Bewegungen des Darmes erfolgen konnten, zu verhindern und um feststellen zu können, bis wohin das Versuchsfutter gelangt, welcher Teil des Darmes also zu untersuchen war.

Nach dem Erkalten wurden Magen und Darm geöffnet, die Inhalte genau auf Reaktion und sonstige Beschaffenheit geprüft und gewogen. Durch sorgfältiges Abstreifen der Nahrungsreste von der Schleimhaut wurde ein möglichst quantitatives Arbeiten angestrebt. Sofort schloss sich hieran die chemische Verarbeitung an, die sich in folgender Weise gestaltete:

Magen- sowie Darminhalt werden durch kräftiges Umrühren so gut als möglich gemischt und aus ihnen Mittelproben entnommen, die zur Bestimmung der Trockensubstanz verwendet werden. Eben- solche Mittelproben (ca. 50—80 g), die übrigens teilweise, infolge der grossen Mengen (bis 9000 g), recht schwierig zu erhalten sind, werden im Eisschrank durch gewogene Filter filtriert und mit Eiswasser so lange ausgewaschen, bis das Filtrat ohne Rückstand auf dem Platinblech verdampft. Durch Trocknen des Filters und Bestimmung des Rückstandes berechnen sich leicht die in der angewandten Menge vorhandenen ungelösten Anteile und somit auch das Verhältnis, in dem sich das Ungelöste zum Gelösten in den Gesamtinhalten befindet ¹⁾.

1) Diese Methode ist infolge der Schwierigkeit beim Entnehmen der Mittelprobe, sowie durch das oft mehrere Tage währende Auswaschen, welches trotz des Eisschranks eine Bakterienwirkung meist zur Folge hat, sehr grossen Fehler-

Zur weiteren Analyse wurden einestheils Mittelproben des Gesamt-Magen- und Darminhaltes auf dem Wasserbade eingetrocknet, anderenteils andere Proben durch Kolieren und Filtrieren in ihre gelösten und ungelösten Anteile getrennt. Die gelösten Teile gelangten sofort zur weiteren Analyse, die ungelösten Mengen wurden auf dem Wasserbade eingetrocknet und ebenso wie die getrockneten Gesamtinhalte auf einer Maerker'schen Mühle fein gemahlen und zur Analyse aufbewahrt. Während sich die Analyse der gelösten Anteile nur auf Bestimmung von Trockensubstanz, Gesamt-Kohlehydraten und Eiweiss beschränkte, wurde in den festen Teilen neben diesen auch noch die Rohfaser bestimmt. Zur Anwendung gelangten die bekannten Methoden. Die Eiweissmenge wurde aus der nach dem Kjeldahl'schen Verfahren ermittelten Stickstoffmenge in bekannter Weise berechnet. Die Bestimmungen der Gesamt-Kohlehydrate erfolgte nach der allgemein üblichen Methode: Aufschluss der Substanz im Soxhlet'schen Dampftopf mit anschliessender Inversion in 2 1/2 %iger salzsaurer Lösung. Die gebildete Dextrose wurde nach dem Allihn'schen Verfahren bestimmt und die Gesamt-Kohlehydrate als Dextrose berechnet.

Da gerade die Rohfaser als der im Magen und Dünndarm absolut unverdauliche Bestandteil des Futtermittels bei der Berechnung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit eine ganz besonders wichtige Rolle spielt, habe ich verschiedentlich versucht, die Methode ihrer Bestimmung, das sog. Weender-Verfahren, durch eine genauere und mit geringeren Fehlerquellen behaftete zu ersetzen. Die Hoffnung, in der kürzlich von Simon und Lohrlich¹⁾ empfohlenen Zellulosebestimmung eine genaue und auch bequem zu handhabende Methode zu finden, hat sich leider nicht erfüllt. Die Angaben der

quellen ausgesetzt. Die ganze umständliche Manipulation lässt sich durch eine einfache Berechnung ersetzen, die hier kurz geschildert sein soll.

Der Gesamtinhalt (Magen oder Darm) enthält, wie aus der Trockensubstanzbestimmung leicht zu berechnen ist, eine Menge a g Wasser. Diese Wassermenge enthält bestimmte Mengen der Trockensubstanz gelöst und bildet so die gelösten Anteile des Inhaltes. Von dieser Lösung enthält eine bestimmte Gewichtsmenge b ein leicht zu bestimmendes Gewicht c an Trockensubstanz. Es verhält sich dann: Gewicht des in b g enthaltenen Wassers, also $(b-c)$, zu Gewicht der darin enthaltenen Trockensubstanz, also c , wie Gewicht des Wassers im gesamten Inhalt a zum Gewicht der darin enthaltenen Trockensubstanz x oder $(b-c):c = a:x$; hieraus lässt sich x leicht berechnen.

1) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 42 S. 55.

beiden Autoren sind zu unbestimmt, als dass sich eine genaue Wiederholung ihrer Arbeitsweise erreichen liesse. Ausserdem wurden aber bei etwa zwanzig von mir und von anderer Seite ausgeführten Bestimmungen weder die restierende Zellulose „als schneeweisses, sich filzig anführendes Pulver“ erhalten, noch konnten Resultate in auch nur einigermaßen befriedigender Übereinstimmung erzielt werden. Die Rohfaserbestimmungen sind daher nach dem Weender-Verfahren ausgeführt worden, welches allerdings in der von einigen landwirtschaftlichen Versuchsstationen schon lange angewandten Weise dahin abgeändert wurde, dass die Trennung des Rückstandes nach dem Kochen mit Säure, Wasser und Kalilauge von der Flüssigkeit nicht durch Absetzenlassen und Abhebern oder langwierige Filtration, sondern durch Absaugen durch doppeltes, feinstes Koliertuch erfolgte. Diese Arbeitsweise ermöglicht eine bedeutende Zeitersparnis und liefert genügend übereinstimmende Resultate.

Obgleich es wünschenswert wäre, die einzelnen Versuchsprotokolle hier wiederzugeben, erscheint es doch geboten, infolge der grossen Ausdehnung des Materials hiervon abzusehen und nur einige orientierende Bemerkungen einzufügen. Von den 23 Versuchspferden ruhten 14, während 9 nach der Nahrungsaufnahme bewegt wurden. 7 Tiere wurden eine Stunde, ebenfalls 7 zwei Stunden, 4 Tiere drei Stunden und je 2 Tiere vier und fünf Stunden nach beendeter Nahrungsaufnahme getötet. Nicht immer war es möglich, sämtliche analytische Bestimmungen auszuführen, da manchmal Zwischenfälle eintraten, die bei einzelnen Versuchstieren gewisse Bestimmungen vereitelten. Diese Fälle sollen bei der Besprechung der einzelnen Resultate näher geschildert werden. Pferd 23 musste, da es an einem Magenkatarrh litt, überhaupt ausgeschalten werden. Ferner konnte auch infolge der grossen Ausdehnung und langen Dauer der Versuche nicht bei allen Tieren derselbe Hafer als Versuchsfutter verabreicht werden. Da nun die Verdaulichkeit eines Futtermittels von seiner chemischen Zusammensetzung abhängig ist, so werden streng genommen nur die Resultate der Tiere, die denselben Hafer erhielten, untereinander vergleichbar sein. In den folgenden Tabellen sind daher diese einander entsprechenden Versuche (Ruhe und Bewegung) stets nebeneinander gestellt worden.

I. Beeinflussung der Quantität, des Wassergehaltes und der Schichtung des Mageninhaltes.

Um zunächst einen ganz allgemeinen Überblick über das Verhältnis der Magenverdauung der ruhenden zu dem der bewegten Pferde zu erhalten und weitere Gesichtspunkte zu gewinnen, wenden wir uns zur Betrachtung der Gewichtsverhältnisse der einzelnen Mageninhalte.

In der folgenden Tabelle sind die Verhältnisse der Gewichte des Mageninhaltes zum Gewicht des verfütterten Hafers zusammengestellt, wobei von den Komplikationen, die durch Weiterbeförderung der Ingesta in den Darm, durch Verdauung und Resorption in den späteren Stunden entstehen, ganz abgesehen werden soll.

Tabelle I.

Verdauungsstunde	Ruhe					Bewegung				
	Nummer	Gewicht des Mageninhaltes g	Gewicht des verfütterten Hafers g	Verhältnis d. Mageninhaltes zum Hafer	Mittel	Nummer	Gewicht des Mageninhaltes g	Gewicht des verfütterten Hafers g	Verhältnis d. Mageninhaltes zum Hafer	Mittel
1—1½	1	3640	2000	1,82 : 1	2,11 : 1	5	3550	1580	2,25 : 1	2,68 : 1
	2	4100	2000	2,05 : 1		6	4900	1500	3,27 : 1	
	3	3200	1500	2,13 : 1		7	3540	1430	2,50 : 1	
	4	3364	1500	2,24 : 1						
2—2½	8	3970	2000	1,98 : 1	1,99 : 1	12	4940	2000	2,50 : 1	2,59 : 1
	9	3830	2000	1,92 : 1						
	10	2920	1500	1,95 : 1		13	4030	1500	2,70 : 1	
	11	3165	1500	2,10 : 1		14	2975	1500	1,98 : 1	
3—4	15	3520	2000	1,76 : 1	1,8 : 1	18	2955	1500	1,97 : 1	2,05 : 1
	16	3135	1500	2,09 : 1		20	3175	1500	2,12 : 1	
	17	2320	1500	1,55 : 1						
5—5½	21	2905	1500	1,94 : 1	1,94 : 1	22	3950	1500	2,63 : 1	2,63 : 1

Zunächst zeigt die Tabelle, dass tatsächlich der Umstand, dass die Verdauung im Stadium der Ruhe oder der Körperbewegung abläuft, bis in die späteren Verdauungsstunden (5—6) einen ganz erheblichen Einfluss auf die Magenverdauung ausüben muss, da regelmässig wiederkehrende, deutliche Unterschiede bezüglich der Inhaltsmengen des Magens auftreten. Sie zeigt ferner, dass das Verhältnis des Mageninhaltes zum verfütterten Hafer bei den bewegten Pferden stets grösser ist als bei den ruhenden, und zwar beträgt das Gewicht des Mageninhaltes eines ruhenden Pferdes ungefähr das Doppelte des verfütterten Hafers, während es beim bewegten Pferde das

2,5fache meist erreicht. Für die Erklärung dieser Tatsache kommen mehrere Möglichkeiten in Betracht. Einmal kann durch die Körperbewegung eine hemmende Wirkung auf die Magenmuskulatur und dadurch eine Verlangsamung der Weiterbeförderung des Mageninhaltes in den Darm ausgeübt worden sein. Weiter kann aber auch die Körperbewegung eine vermehrte Wassersekretion der Magenschleimhaut verursacht und dadurch zur Erhöhung des Inhaltsgewichtes beigetragen haben. Endlich kann auch, wenn man dem Magen eine gewisse, von manchen Autoren geleugnete Resorptionskraft zuschreibt, die Bewegung verlangsamend auf die Aufsaugung im Magen eingewirkt haben.

Wenn wir die Tatsache, dass der Mageninhalt bei bewegten Pferden und bei Aufnahme gleicher Mengen des Nahrungsmittels erheblich grösser ist als bei ruhenden, erklären wollen, so müssen wir die erwähnten Fragen beantworten. Schon Tangl hat zur Erklärung dieser Tatsachen in seiner oben besprochenen Arbeit für die erste Verdauungsstunde wertvolle Beiträge geliefert.

Über den Einfluss der Körperbewegung auf die Motilität des Magens, d. h. auf die Weiterbeförderung der Mageninhaltsteile des Pferdes in den Darm, liegen bereits Beobachtungen von Colin¹⁾ vor, die dieser an zwei respektive einem Individuum gemacht hat. Colin nimmt auf Grund seiner Beobachtungen an, dass die Körperbewegung die Bewegung der Magenmuskulatur anregt und eine Beförderung des Mageninhaltes in den Darm beschleunigt. Diese Angabe Colin's stimmt mit den herrschenden Anschauungen überein und steht im Einklang mit den Beobachtungen, die Salvioli²⁾ am Hund und Spirig³⁾ am Menschen gemacht haben. Auf Grund seiner Untersuchungen kommt Tangl⁴⁾ hingegen zur entgegengesetzten Anschauung, dass also die Motilität des Magens nicht etwa befördert wird, sondern die Körperbewegung einen hemmenden Einfluss auf sie ausübt. Es erscheint von vornherein nicht unwichtig, dieses Ergebnis nicht nur an der Hand neuer Versuche zu kontrollieren, sondern auch seine Gültigkeit für die späteren Verdauungsstunden

1) *Traité de la physiologie comparée des animaux* vol. I p. 822. Paris 1886.

2) *Influence de la fatigue sur la digestion stomacale.* Arch. ital. de biol. t. 17 p. 248.

3) Über den Einfluss von Ruhe, mässiger Bewegung und körperlicher Arbeit auf die normale Magenverdauung des Menschen. Inaug.-Diss. Bern 1892.

4) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 558.

zu prüfen. Um so mehr erscheint dies erforderlich, als Colin seine Beobachtungen an zwei Pferden machte, von denen das eine sechs Stunden bewegt worden war, während das andere die gleiche Zeit geruht hatte, Tangl's Schlussfolgerung aber nur auf Versuchen basiert, die mit Pferden von nur 1—1½ständiger Verdauungszeit angestellt waren.

Tabelle II.

Verdauungszeit post pabulum und Körperbewegung	Nr.	Ver- fütterte Rohfaser g	Hiervon in den Darm übergetreten g	%	Mittel- wert	Ist Hafer im Blinddarm nachzuweisen?
1 Stde. Ruhe . .	1	208,9	44,6	21,4	27,1	—
	2	208,9	45,5	21,8		—
	3	178,3	55,6	31,2		—
	4	219	43,4	19,8		—
1 Stde. Bewegung	5	165	11,8	7,2	5,4	—
	6	178,3	1,6	0,9		—
	7	204	16,8	8,2		—
2 Stdn. Ruhe . .	8	208,9	30,4	14,6	17,8	—
	10	178,3	37,1	20,8		vereinz. Körner
	11	158,6	28,9	18,2		—
2 Stdn. Bewegung	12	208,9	38,1	18,2	16,9	—
	13	178,2	27,8	15,6		—
3 Stdn. Ruhe . .	15	208,9	42,6	20,9	26,8	—
	16	158,6	33,6	21,2		—
	17	158,6	60,7	38,3		—
3 Stdn. Bewegung .	18	158,6	38,5	24,3	24,3	—
4 Stdn. Ruhe . . .	19	158,6	—	—	—	deutlich
4 Stdn. Bewegung .	20	158,6	14,1	8,9	8,9	—
5 Stdn. Ruhe . . .	21	158,6	22,1	13,9	13,9	deutlich
5 Stdn. Bewegung .	22	158,6	17,6	11,1	11,1	deutlich

Bei Pferd 9, 19 und 23 wurden Rohfaserbestimmungen nicht ausgeführt. Pferd 14 wird besonders abgehandelt.

Die Zahlen der vorstehenden Tabelle, die die Resultate der neuen Versuchsreihe veranschaulicht, sind nach denselben Grundsätzen, wie sie Ellenberger und Hofmeister und auch Tangl als gültig angesehen haben, berechnet worden. Den festen Anhaltspunkt für die Menge des verfütterten Hafers, die sich noch in Magen und Darm zu der betreffenden Verdauungsstunde vorfindet, bietet die im Magen und Dünndarm absolut unverdauliche Rohfaser. In der Differenz aus der mit dem verfütterten Hafer aufgenommenen und der im Mageninhalt vorgefundenen Rohfasermenge ist also stets ein genaues Mass der Rohfaser und somit auch des Hafers gegeben,

die in den Darm bereits übergetreten sind. Allerdings muss man als feststehend annehmen, dass das Fortrücken des Inhaltes vollkommen gleichmässig erfolgt, eine Annahme, die sich aus den Arbeiten von Ellenberger und Hofmeister ergibt und die auch von Tangl¹⁾ für die erste Verdauungsstunde einwandfrei nachgewiesen ist, und auf deren Begründung auch auf Grund der vorliegenden Versuche näher eingegangen werden soll.

Die Tabelle bestätigt zunächst die unbedingte Richtigkeit der Tangl'schen Anschauung für die erste Verdauungsstunde. Während beim ruhenden Pferd in dieser Zeit von der verfütterten Rohfaser im Mittel 27,1 %, sind beim bewegten nur 5,4 % derselben in den Darm übergetreten, die Weiterbeförderung des Inhaltes geht also bei Ruhe um das Fünffache rascher als bei Bewegung vor sich. Die weitere Betrachtung der Tabelle lehrt, dass auch in den späteren Verdauungsstunden die Weiterbeförderung des Mageninhaltes durch die Körperbewegung verlangsamt wird. Allerdings treten die Unterschiede bei weitem nicht mehr so deutlich hervor, es scheint sich vielmehr in den späteren Stunden ein allmählicher Ausgleich herzustellen, wobei jedoch noch bis in die fünfte Stunde eine geringe Verminderung der Motilität wahrzunehmen ist. Der Grund hierfür kann einerseits darin liegen, dass der Organismus das Bestreben hat, die durch die Körperbewegung im Anfange der Verdauung hervorgerufenen Verhältnisse zu beseitigen, andererseits ist es aber nicht unwahrscheinlich, dass der Grund in der individuellen Veranlagung der Tiere zu suchen ist. Bei einer längeren Verdauungsperiode wird diese in viel stärkerem Masse zum Ausdruck gelangen und die Analysenresultate beeinflussen können als in der verhältnismässig kurzen Zeit von einer Stunde. Für diese Erklärung, die übrigens auch durch die Erfahrungen Goldschmidt's²⁾ bestätigt wird, bietet die Betrachtung der Resultate des Versuchs Nr. 14 ein treffendes Beispiel. Versuchspferd 14 war nur 9 Jahre alt, also ein junges und kräftiges Tier, erhielt unter den üblichen Bedingungen 1500 g Hafer und wurde dann zwei Stunden im Trabe bewegt. In dieser Zeit waren von den aufgenommenen 158,6 g Rohfaser schon 73,4 g, also 46 % in den Darm vorgedrungen, der Inhalt also dreimal so schnell als bei den gleich vorbereiteten Pferden 12 und 13 be-

1) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 569.

2) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 11 S. 300.

fördert worden. Auch der unseren Resultaten widersprechende Befund Colins dürfte, unter diesem Gesichtspunkte betrachtet, eine befriedigende Erklärung finden.

Dass bei den Pferden Nr. 20, 21 und 22 so geringe Mengen Zellulose in den Darm übergegangen waren, muss auf individuellen Verhältnissen beruhen. Bei Pferd 19 beweist der Fund von Haferkörnern im Coecum, dass die Beförderung eine bessere war als bei dem bewegten Pferde 20.

Die Prozentzahlen zeigen weiterhin, dass selbst in der fünften bis sechsten Verdauungsstunde nur verhältnismässig geringe Mengen des Mageninhaltes in den Darm übertreten, die Hauptmenge jedoch im Magen zurückbleibt. Allerdings beginnt der Übertritt der Nahrung in den Darm schon sehr frühzeitig, voraussichtlich schon während der Nahrungsaufnahme. Hierdurch erfahren die im hiesigen Institute von Ellenberger und Hofmeister¹⁾ und Goldschmidt²⁾ gemachten Beobachtungen eine neue Bestätigung. Entsprechend den Angaben derselben Autoren³⁾ war ein Übertritt von Teilen des Versuchsfutters in den Blinddarm erst im Verlaufe der vierten Verdauungsstunde nachzuweisen. Der Umstand, dass dies nur beim ruhenden Pferde der Fall war, während beim vier Stunden post pabulum bewegten Tiere noch keine Haferteilchen im Coecum nachzuweisen waren, ist ein weiterer Beweis dafür, dass auch in den späteren Stunden eine geringe Behinderung der Motilität nachweisbar ist.

Die auf Grund dieser Betrachtungen zu ziehenden Schlüsse bestehen also darin, dass zunächst in Übereinstimmung mit Tangel unzweideutig nachgewiesen ist, dass die Körperbewegung die Entleerung des Magens in der ersten und zweiten Verdauungsstunde in beträchtlicher Weise verlangsamt und dass dieser hemmende Einfluss auch in den späteren Stunden, wenn auch nicht mehr in gleich intensiver Weise, so doch immerhin nachzuweisen ist.

Da in neuerer Zeit von Bengen und Haane⁴⁾ im hiesigen Institute infolge einiger Arbeiten anderer Autoren die Frage nach

1) Ellenberger und Hofmeister, Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilkunde Bd. 8 S. 421, Bd. 10 S. 357.

2) Goldschmidt, Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 10 S. 386.

3) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 11 S. 304. — Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. Bd. 5 S. 434.

4) Pflüger's Arch. Bd. 106 S. 303.

E. Pflüger, Archiv für Physiologie. Bd. 109.

der Durchmischung des Mageninhaltes während der Verdauung von neuem, und zwar beim Schweine erörtert worden ist und auch Grützner¹⁾ eine neue für die Beurteilung dieser Frage wertvolle Versuchsreihe veröffentlicht hat, dürfte es nicht überflüssig sein, die Ergebnisse der bei einigen unserer Versuchstiere in dieser Beziehung gemachten Beobachtungen hier mitzuteilen. Die Untersuchungen sind nur bei sieben Pferden angestellt worden, und zwar deshalb, um zu sehen, ob etwa die Bewegung der Tiere auf die Durchmischung des Mageninhaltes einen Einfluss ausübe. Bekanntlich haben Ellenberger²⁾ und auch Goldschmidt³⁾ im hiesigen Institute nachgewiesen, dass eine Durchmischung des Inhaltes des Pferde- und Schweinmagens nicht stattfindet, sondern „ein scharfer Unterschied zwischen dem Inhalt der Schlund- und dem der Pylorushälfte noch stundenlang besteht“. Die damals verwendeten Versuchstiere hatten aber mit wenigen Ausnahmen während der Verdauung geruht.

Um diese Verhältnisse am ruhenden und bewegten Pferde zu studieren, wurden bei einigen Pferden (1, 2, 5, 8, 11, 12, 15) der Magen nach dem Exenterieren durch Abschnürung in drei Teile geteilt, die der beim Pferde bekanntlich sehr stark entwickelten pars oesophagea (dem Vormagen), dem Fundusdrüsen- und dem Pylorusdrüsenteil entsprachen. Die Inhalte der abgeschnürten Teile wurden getrennt auf Dextrose und Wassergehalt untersucht.

Tabelle III.

Verdauungszeit	Nummer	Vormagen		Fundus		Pylorus	
		Wasser %	Dextrose %	Wasser %	Dextrose %	Wasser %	Dextrose %
1 Stde. Ruhe	1	59,27	2,35	60,95	2,05	61,06	1,87
	2	64,66	2,75	65,35	1,8	64,42	2,16
1 Stde. Beweg.	5	59,12	1,5	62,15	1,4	67,10	1,61
2 Stdn. Ruhe	8	58,28	1,05	62,34	1,33	64,76	1,65
	11	65,44	0,83	67	0,94	70,36	1,05
2 Stdn. Beweg.	12	73,96	1,32	74,1	0,85	74,1	0,91
3 Stdn. Ruhe	15	60,97	1,05	61,34	1,28	64,49	1,31

1) Pflüger's Arch. Bd. 106 S. 463.

2) Lehrbuch der vergl. Physiologie der Haussäugetiere Bd. 1 S. 732. 1890.

3) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 10 S. 384.

Die Ergebnisse sind in der vorstehenden Tabelle zusammengestellt. Sie zeigen, dass bei sämtlichen Pferden, gleichgültig ob dieselben während der Verdauung geruht haben oder bewegt wurden, ganz gleiche Gesetzmässigkeiten zu beobachten sind. Der Wassergehalt steigt von der Cardia her über die Funduspartie nach dem Pylorus zu an, wo er seinen höchsten Wert erreicht. Der Zuckergehalt ist im allgemeinen am geringsten im Fundusteil, etwas höher im Pylorusteil, und am grössten in der pars oesophagea, wie dies ja nach den bekannten durch Ellenberger und Hofmeister¹⁾ festgestellten Prinzipien zu erwarten ist. Sowohl beim ruhenden als auch beim bewegten Pferde sind also dieselben Gesetzmässigkeiten anzutreffen. Das ist aber nur dann möglich, wenn eine Durchmischung, die etwa durch die Körperbewegung hätte begünstigt oder veranlasst werden können, nicht stattgefunden hat. Die bekannten Regeln²⁾, nach denen die Bewegungen des Futters im Pferdema- gen ablaufen, haben also sowohl für Verdauung bei Ruhe als bei Bewegung gleiche Gültigkeit.

Wenn im vorstehenden der Einfluss auf die Motilität des Magens besprochen worden ist, so wäre weiterhin die Frage zu prüfen, ob die Körperbewegung daneben auch den Wassergehalt des Mageninhaltes beeinflusse und ob auch dadurch die quantitativen Verschiedenheiten des Mageninhaltes ruhender und bewegter Pferde erklärt werden können.

Goldschmidt³⁾ gibt in seiner in unserem Institut unter Ellenberger's Leitung ausgeführten Arbeit über die Magenverdauung des Pferdes an, dass sich unter den von ihm benutzten 18 Versuchspferden einzelne fanden, deren Mageninhalt einen auffallenden Wasserreichtum aufwies. Er versucht diese Tatsache auf verschiedene Weise zu erklären und sagt unter anderem: „Ob möglicherweise der Umstand, dass die Pferde einen längeren Weg im Schrittgange geführt wurden, die Resorption im Magen verlangsamen kann, will ich dahingestellt sein lassen. Ein Tatsache ist es indessen, dass ich bei keinem der Pferde, die sich nicht bewegt hatten, einen flüssigen Mageninhalt vorfand.“ Durch mündliche Mitteilung des Institutsvorstehers ist mir auch bestätigt worden, dass unter den von Gold-

1) Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. Bd. 8 S. 28.

2) Ellenberger, Lehrbuch der vergl. Physiologie der Haussäugetiere Bd. 1 S. 732. 1890.

3) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 10 S. 374.

schmidt untersuchten Pferden nur diejenigen, die bewegt worden waren, den hohen Wassergehalt des Mageninhaltes zeigten. Die betreffenden Pferde hatten einen Weg von einer Stunde im Schritt zurückgelegt. Goldschmidt ist also geneigt, den höheren Wassergehalt des Mageninhaltes auf eine geringere Wasserresorption zurückzuführen.

Die Vermutung Goldschmidt's, dass die Körperbewegung die Ursache des grösseren Wassergehaltes des Mageninhaltes bei den betreffenden Pferden gewesen sei, wird durch die Ergebnisse der Tangl'schen Versuche wesentlich unterstützt. Auch Tangl¹⁾ fand bei allen bewegten Pferden den Wassergehalt des Mageninhaltes grösser als bei den ruhenden. Er führt dies, da er dem Magen jedes Wasserabsorptionsvermögen auf Grund der Arbeiten v. Mering's²⁾ abspricht, auf eine vermehrte Wassersekretion der Magenschleimhaut zurück. Endlich könnte man ja auch annehmen, dass bei den ruhenden Pferden infolge der lebhafteren Magenbewegungen mehr Wasser aus dem Mageninhalte ausgepresst und nach dem Darm geschafft wird wie bei den bewegten. Mag dem sein, wie ihm wolle, fest steht, dass Goldschmidt und Tangl bei bewegten Pferden mehr Wasser im Magen fanden als bei ruhenden.

Wie Tabelle IV zeigt, haben unsere Untersuchungen diese Beobachtungen bestätigt. Die Feststellung des Wassergehaltes des Mageninhaltes bietet aber auch von anderen Gesichtspunkten einiges Interesse. Bei der Prüfung der Ergebnisse unserer Versuche auf diese Frage muss das Augenmerk auch darauf gerichtet werden, ob es wohl möglich ist, darzutun, ob der eventuelle grössere Wassergehalt des Mageninhaltes bei bewegten Tieren auf gesteigerte Sekretion oder geminderte Resorption oder verminderte Wasserbeförderung nach dem Darm zurückzuführen sein dürfte. Eine Klarlegung dieser Verhältnisse kann wohl durch folgende Überlegung und Berechnung erzielt werden.

Nach Colin und Ellenberger³⁾ schluckt ein Pferd beim Fressen trockenen Hafers durchschnittlich die doppelte Gewichtsmenge von Speichel ab. Die theoretisch im Magen zu erwartende Wassermenge wird sich demnach berechnen lassen, wenn man vom

1) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 566.

2) Über die Funktion des Magens. Verhandl. des XII. Kongr. für innere Medizin in Wiesbaden. 1893.

3) Lehrbuch der vergl. Physiologie der Haussäugetiere Bd. 1 S. 511.

doppelten Gewicht des Hafers, also dem Gewicht des verschluckten Speichels, die Trockensubstanz dieses Speichels, nach Ellenberger und Hofmeister ca. 1%¹⁾, in Abrechnung bringt und die im Hafer enthaltene Wassermenge zuzählt, die sich aus der Analyse ergibt. Da nun die im Hafer enthaltene, unverdauliche Rohfasermenge ebenfalls durch die Analyse bekannt ist, wird sich in jedem Falle eine Beziehung zwischen ihr und der theoretischen Wassermenge herstellen lassen. Nimmt man weiterhin an, dass der Übergang der Ingesta aus dem Magen in den Darm gleichmässig erfolgt, so ist stets aus der noch im Magen vorgefundenen Rohfasermenge die im Magen theoretisch zu erwartende Wassermenge zu berechnen. Selbstverständlich gibt diese Berechnung nur annähernde Werte, da ja die Zahlen, auf denen sie basiert, wir meinen speziell die Menge des abgeschluckten Speichels, grossen individuellen Schwankungen ausgesetzt sein werden. Der Fehler, der dadurch entsteht, dass die Rechnung zum Teil mit unbekannten Faktoren erfolgt, wird aber das Verhältnis zwischen den einzelnen Vergleichungszahlen nicht in zu hohem Masse verschieben, da er bei jeder Berechnung begangen wird. Die nachfolgende Tabelle IV dürfte daher wohl kaum etwas von ihrer Beweiskraft einbüssen, um so mehr als trotz einiger Unregelmässigkeiten eine genügende Übereinstimmung herrscht.

Tabelle IV.
Wassergehalt des Mageninhaltes.

Verdauungs- stunde	R u h e				B e w e g u n g				Gewicht des ver- fütterten Hafers g
	Nr.	Magen- inhalt g	Wasser g	Wasser %	Nr.	Magen- inhalt g	Wasser g	Wasser %	
1—1½	1	3640	2227	61,2	5 ²⁾				2000
	2	4100	2706	66					2000
	3	3200	2265	70,8	6	4900	3560	72,6	1500
	4	3364	2212	65,8	7	3540	2496	70,5	1500
2—2½	8	3970	2461	62	12	4940	3769	74,2	2000
	9	3830	2576	67,2					2000
	10	2920	1859	63,7	13	4030	2918	72,4	1500
	11	3165	2086	65,9	14	2970	2345	78,9	1500
3—4	15	3520	2212	62,9					2000
	16	3135	2168	69,1	18	2955	2132	73	1500
	17	2320	1769	70,6	20	3175	2275	70,9	1500
5—5½	21	2905	2068	71,2	22	3950	3140	79,5	1500

1) Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. Bd. 7 S. 16.

2) Bei Pferd 5 und 19 konnten diese Bestimmungen nicht ausgeführt werden.

Tabelle V.

Verdauungs- stunde	R u h e			B e w e g u n g		
	Nr.	Wasser im Mageninhalt g	Wasser, theoretisch berechnet g	Nr.	Wasser im Mageninhalt g	Wasser, theoretisch berechnet g
1—1½	1	2227	3380	5 ¹⁾		
	2	2706	3360			
	3	2265	2140	6	3560	3070
	4	2212	2520	7	2496	2480
2—2½	8	2461	3672	12	3769	3140
	9	2575	3200			
	10	1859	2830	13	2918	2610
	11	2086	2550	14	2345	1680
3—4	15	2212	3420			
	16	2168	2480	18	2132	2230
	17	1769	1920	20	2275	2770
5—5½	21	2069	2680	22	3140	2770

Tabelle IV zeigt in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Goldschmidt und Tangl, dass der Mageninhalt der bewegten Pferde stets wasserreicher gefunden wurde als der der ruhenden. Der Wassergehalt schwankt innerhalb verhältnismässig geringer Grenzen, nämlich von 60—70 % beim ruhenden und von 70—80 % beim bewegten Pferde. Es ist vielleicht nicht unnötig, noch hervorzuheben, dass dieser Unterschied bis zur fünften bis sechsten Verdauungsstunde deutlich hervortritt.

Dass der grössere Wassergehalt der Mageninhalt der bewegten Pferde tatsächlich auf eine durch die Bewegung bedingte vermehrte Wassersekretion der Magenschleimhaut zurückzuführen ist, zeigt Tabelle V in befriedigender Weise. Bei sämtlichen ruhenden Pferden ist mit Ausnahme von Pferd 3 stets der durch die nach den oben erörterten Gesichtspunkten angestellte Berechnung gefundene, theoretisch zu erwartende Wassergehalt grösser als der tatsächlich vorgefundene. Genau umgekehrt verhalten sich berechneter und gefundener Wassergehalt bei den bewegten Pferden. Mit Ausnahme von Pferd 18 und 20 ist hier durchweg mehr Wasser im Magen vorhanden als theoretisch von aussen (d. h. mit Speichel und Hafer) in ihn hineingelangt sein kann. Dieser Wasserüberschuss lässt sich nur auf eine erheblich vermehrte sezernierende Tätigkeit der Magenschleimhaut zurückführen. Wie erheblich die Vermehrung der Sekretion sein

1) Bei Pferd 5 und 19 konnten diese Bestimmungen nicht ausgeführt werden.

muss, fällt um so mehr in die Augen, wenn man bedenkt, dass auch beim ruhenden Pferd durch die Sekretion im Magen der Wassergehalt erhöht wird, und dieser dennoch den theoretischen Wert nicht erreicht, während er beim bewegten Pferd ihn fast immer überschreitet. Die drei nicht völlig übereinstimmenden Resultate (Pferd 3, 18, 20) finden wohl ihre Erklärung in den individuellen Verschiedenheiten der Versuchstiere und fallen gegen die 17 übrigen gut übereinstimmenden Versuche kaum ins Gewicht, um so mehr als ja die tatsächlich sezernierten Speichel- und Wassermengen unbekannt sind.

Der geringe Wassergehalt bei den ruhenden Pferden dürfte auf eine gesteigerte Resorption und eine gesteigerte Beförderung des Wassers nach dem Dünndarm zurückzuführen sein.

Im Anschluss an die vorstehende Erörterung über den Einfluss der Körperbewegung auf die Wassersekretion des Magens des verdauenden Pferdes sei noch erwähnt, dass die Versuche, die angestellt wurden, um etwaige Einflüsse auf die Säureproduktion festzustellen, zu keinem Resultate geführt haben. Tangl¹⁾ fand beim ruhenden Pferd eine saure, beim trabenden eine schwach alkalische Reaktion des Mageninhalts. Wir konnten selbst diesen Unterschied, der übrigens, wie auch Tangl betont, zu irgend welchen Schlüssen nicht berechtigt, nicht feststellen, da in allen Fällen der gemischte Mageninhalt saure Reaktion zeigte, wie das auch nach den Untersuchungen Ellenbergers²⁾ zu erwarten war. Die Verhältnisse liegen für den Nachweis von Reaktionsunterschieden infolge der gewaltigen Speichermengen und der im Pferdemagen sehr lebhaft ablaufenden Milchsäuregärung sehr ungünstig und werden in den späteren Stunden durch das Auftreten der produzierten Salzsäure immer verwickelter, so dass eine Lösung dieser Frage wohl nur durch mass- oder gewichtsanalytische Bestimmung der Säureionen erreicht werden könnte. Wir haben übrigens der Frage der Säure- und Enzymsekretion eine besondere Aufmerksamkeit nicht geschenkt. Zu ihrer Lösung würden besondere Versuche notwendig sein.

Sämtliche bisher ausgeführte Berechnungen und vor allem diejenigen, welche in den folgenden Ausführungen über die Ausnutzung des Versuchsfutters angestellt werden sollen, basieren erstens auf

1) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 567.

2) Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. Bd. 5 S. 399.

der Voraussetzung der absoluten Unverdaulichkeit der Rohfaser im Magen und Dünndarm, wie es von den mehrfach zitierten Autoren im hiesigen Institute seinerzeit nachgewiesen worden ist¹⁾. Zweitens sind die Berechnungen aber nur gültig, wenn ein gleichmässiges Vorrücken der Inhaltsteile des Magens nach dem Darm stattfindet. Nur dann ist die der im Magen vorgefundenen Rohfasermenge entsprechende Hafermenge als diejenige anzusehen, die sich tatsächlich noch im Magen vorfindet. Bestimmt man dann die im Magen ungelösten Nährstoffe, so lässt sich ohne weiteres berechnen, wieviel Prozent von den Nährstoffen des Hafers verdaut und wieviel aus dem Magen verschwunden sind. Diese Berechnungsweise ist von Ellenberger und Hofmeister stets angewendet worden, und auch Tangl²⁾ hat sich ihrer in seiner Arbeit bedient. Letzterer hat sich von der Richtigkeit der Annahme, dass das Vorrücken der Inhaltsteile gleichmässig erfolgt, dadurch überzeugt, dass er das jeweilige Verhältnis der im Magen vorgefundenen Trockensubstanz zu der ebenda gefundenen Fasermenge feststellte. Dieses Verhältnis muss, falls die Voraussetzung richtig ist, stets ungefähr mit dem Verhältnis der Trockensubstanz zur Rohfaser des verfütterten Hafers übereinstimmen. Tatsächlich war dies nach Tangl immer der Fall. Für die erste Stunde, auf die sich die Tangl'sche Versuchsreihe ja nur erstreckt, ist also jene Voraussetzung als zu Recht bestehend anzusehen. Es handelte sich nun darum zu prüfen, ob auch unsere Versuche diese Annahme bestätigen.

Zur Vornahme dieser Prüfung ist die Berechnung in der Weise angestellt worden, dass in jedem Falle festgestellt wurde, wieviel Prozent Rohfaser die im Magen vorgefundene Trockensubstanzmenge enthielt. Diese Prozentzahl muss mit der auf gleiche Weise erhaltenen des Versuchshafers übereinstimmen, wenn die erwähnte Annahme als berechtigt anerkannt werden soll. Selbstverständlich wird eine Übereinstimmung beider nur so lange möglich sein, als nicht durch Verdauung und vor allem durch Resorption grössere Mengen Trockensubstanz aus dem Magen verschwunden sind. Sobald dies der Fall ist, wird, da die Rohfaser unverdaulich ist, ihre relative Menge und mit dieser die Prozentzahl steigen, und die Vergleichszahl des Hafers überschreiten, wie aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen ist.

1) Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. Bd. 10 S. 365.

2) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 570.

Tabelle VI.

Verdauungs- stunde	R u h e			B e w e g u n g		
	Nr.	Prozente der Rohfaser in der Trockensubstanz		Nr.	Prozente der Rohfaser in der Trockensubstanz	
		des Magen- inhaltes	des Hafers		des Magen- inhaltes	des Hafers
1—1½	1	11,63	12,4	5	12,08	12,40
	2	11,67	12,4			
	3	12,54	12,98	6	13,18	12,98
	4	15,21	16,51	7	17,24	16,51
2—2½ ¹⁾	8	11,83	12,40	12	13,40	12,40
	10	11,86	12,98	13	13,53	12,98
	11	12,02	11,77	14	13,64	11,77
3—3½	15	12,71	12,40			
	16	13,03	11,77			
	17	17,7	11,77	18	13,66	11,77
4—4½				20	15,75	11,77
5—5½	21	16,52	11,77	22	17,4	11,77

Die vorstehende Übersicht zeigt, dass erst in der dritten bis vierten Verdauungsstunde ein nennenswertes Anwachsen der Rohfasermenge eintritt, dass also bis zu dieser Zeit auch der experimentelle und rechnerische Nachweis für die Richtigkeit der Annahme des gleichmässigen Vorrückens des Magendarminhaltes tatsächlich erbracht wird. Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man die Gültigkeit dieses Satzes auch auf die späteren Verdauungsstunden ausdehnt, wenngleich die oben mehrfach erörterten Gründe eine weitere experimentelle Verfolgung der Frage nicht zulassen.

Weiterhin lassen sich noch zwei andere regelmässig wiederkehrende Gesetzmässigkeiten aus der Tabelle ableiten.

Zunächst ist, selbstverständlich nur in den Stunden, in denen die Trockensubstanz noch nicht nennenswerte Verminderung durch Verdauungs- und Resorptionsvorgänge erfahren hat, bei dem ruhenden Pferde der Prozentgehalt der Rohfaser im Magen geringer als im Hafer, während er bei den bewegten Pferden im Durchschnitt grösser ist. Ausserdem ist aber auch die Rohfaserprozentzahl der bewegten Pferde grösser als die der ruhenden.

Diese Tatsachen sind um so auffälliger, als eigentlich nach den vorhergegangenen Betrachtungen gerade das umgekehrte Verhältnis zu erwarten gewesen wäre. Der geringere Prozentgehalt an Roh-

1) Pferd 9 kommt in Wegfall, da keine Rohfaserbestimmung ausgeführt wurde.

faser in der Trockensubstanz des Mageninhaltes des ruhenden Pferdes ist leicht zu erklären. Die analytisch festgestellte Trockensubstanzmenge des Mageninhaltes wird im allgemeinen, solange nennenswerte Verdauung und Resorption noch nicht eingetreten ist, stets etwas grösser sein als die Trockensubstanzmenge des zurzeit im Magen befindlichen Hafers, da ja zu letzterer noch die immerhin nicht unerhebliche Trockensubstanz des abgeschluckten Speichels und der Magensekrete hinzuzurechnen sind. Da die Rohfasermenge im Mageninhalte dieselbe bleibt, bedingt die Vermehrung der Trockensubstanz eine Verminderung der Rohfaserprozentzahl. Wie nun im vorigen Kapitel nachgewiesen worden ist, wird eben durch die Körperbewegung eine ganz erhebliche Steigerung der Magensekretion hervorgerufen, die, wenn man dieselbe nicht entgegen aller Wahrscheinlichkeit als eine reine Wassersekretion ansehen will, sicher ein gewisses Anwachsen der Trockensubstanz zur Folge haben müsste und also ein noch weiteres Sinken der Rohfaserprocente unter den theoretischen Wert nach sich ziehen würde. Statt dessen zeigt die Tabelle, dass im Gegenteil die gefundene Prozentzahl die theoretische übersteigt, also nicht etwa eine Vermehrung, sondern eine Verminderung des Trockensubstanzgehaltes im Mageninhalt eingetreten sein muss. Diese Verminderung kann nur durch eine vermehrte Ausnützung, Verdauung und Resorption der Trockensubstanz erklärt werden. Auch die Tatsache, dass die Prozentzahl der Rohfaser bei den bewegten Pferden stets grösser ist als die bei den ruhenden, bringt hierfür einen weiteren Beweis. Die vorstehenden Betrachtungen machen es demnach wahrscheinlich, dass die Körperbewegungen einen die Verdauung und Resorption fördernden Einfluss ausübt.

Wir gelangen also, allerdings auf Grund ganz anderer Überlegungen, zu demselben Schlusse, den auch Tangl für die erste Verdauungsstunde für wahrscheinlich hält. Der Beweis für die Richtigkeit unserer Vermutung kann nur durch die im folgenden geschilderte Berechnung der Ausgiebigkeit der Magenverdauung und Vergleich der entsprechenden Resultate geliefert werden.

II. Einfluss der Körperbewegung auf die Verdauungsvorgänge im Magen des Pferdes.

Bei der Berechnung der Ausgiebigkeit der Verdauung wählen wir denselben Weg, wie er von Ellenberger und Hofmeister

stets angewandt worden ist. Als „verdaut“ wurde diejenige Menge Trockensubstanz, Kohlehydrate oder Eiweiss angesehen, die von den aus der Rohfaser berechneten, also aus dem verfütterten Hafer herstammenden, wasserunlöslichen Nährstoffmengen, als gelöst zu betrachten war. Die Berechnung geschah derart, dass die durch die Analyse als ungelöst bestimmte Menge von der berechneten abgezogen wurde. Ehe wir zur Erläuterung der folgenden Tabellen schreiten, sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass nur die Resultate der mit demselben Versuchshafer und den gleichen Mengen gefütterten Versuchspferde untereinander vergleichbar sind. Dieselben sind daher, wie schon in den früheren Tabellen, stets nebeneinander gestellt. Gerade hier zeigt sich recht deutlich, wie Hafer verschiedener Zusammensetzung auch ganz verschieden verdaut wird. Ferner treten in den folgenden zahlenmässigen Zusammenstellungen grosse Verschiedenheiten der einzelnen Versuchstiere (z. B. Pferd 3, 9, 17) auf, die offenbar auf individuelle Veranlagung zurückzuführen sind. Auch Goldschmidt¹⁾ hat hierauf schon hingewiesen, indem er Pferde mit „guter“ und „weniger guter“ Magenverdauung unterschied. Nach unseren Protokollen zu urteilen, dürften vor allem das Alter und die durch dieses meist bedingte mehr oder minder grosse Rüstigkeit und Frische der einzelnen Tiere eine ganz besonders wichtige Rolle spielen.

a) Verdauung der Trockensubstanz.

Die nachfolgende Tabelle VII zeigt, dass die Magenverdauung bei den bewegten Pferden tatsächlich weiter fortgeschritten ist als bei den ruhenden, und dass diese Förderung, die Tangl für die erste Verdauungsstunde als wahrscheinlich ansah, nicht nur für die erste Zeit nach der Nahrungsaufnahme besteht, sondern noch in der 5.—6. Stunde wahrzunehmen ist. Dieses Resultat ist um so auffallender, als nach den Versuchen von Salvioli, Spirig und Anderen die Magenverdauung des Hundes und des Menschen durch die Körperbewegung verzögert wird. Tangl²⁾ weist in seinen Ausführungen hierauf hin und gibt dafür eine Erklärung, der wir uns vollständig anschliessen müssen. Er sagt: „Unser Resultat verliert an seiner Auffälligkeit, wenn man erstens in Betracht zieht, dass die Untersuchungen der genannten Autoren einerseits an Fleischfressern angestellt wurden, andererseits beim Menschen nur die

1) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 11 S. 300.

2) Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 572.

Tabelle VII.

Verdaunungs- stunde	Ruhe						Bewegung							
	Nr.	Ungelöste Trocken- substanz des Magen- inhaltes g	Rohfaser im Magen- inhalt g	Aus der Rohfaser berechnete Trocken- substanz g	Ver- daut g	Ver- daut o/o	Mittel o/o	Nr.	Ungelöste Trocken- substanz des Magen- inhaltes g	Rohfaser im Magen- inhalt g	Aus der Rohfaser berechnete Trocken- substanz g	Ver- daut g	Ver- daut o/o	Mittel o/o
1—1½	1	1292,2	164,3	1316	23,8	1,8	9,09	5	1182	156,8	1264	82	6,94	15,3
	2	1246,4	163,4	1309	52,6	4,02		6	1187	176,7 ¹⁾	1361	174	12,79	
	3	797,9	122,7	945,1	147,2	15,57		7	774	169,2	1048	274	26,13	
	4	900,1	175,6	1063	162,9	14,97		12	1121,4	170,8 ¹⁾	1365	244,4	17,91	
2—2½	8	1310	178,5	1429	119	8,33	15,6	13	906,4	150,4	1158,5	252,1	21,9	27,62
	9 ²⁾	1133,7	—	—	ca. 120,6	ca. 9,61		14	412	85,2	723,6	311,6	43,06	
	10	818,6	162,9	1255,8	337,2	27,49		18	577,7	113,6	964,8	387,1	40,12	
	11	914,6	129,7	1102	187,4	17		20	720,1	144,5	1227,3	507,2	41,33	
3—4	15	1267,2	166,3	1331	63,8	5,03	26,1	22	588,5	141	1197,5	609	50,8	40,4
	16 (17	823,7 414,1	126 97,9	1070,2 831,5	246,5 417,4	23,03 50,2)								
5—5½	21	680,4	136,5	1159	478,6	42,3	42,3							

1) Rohfaser aus der im Dünndarm bestimmten Menge berechnet.

2) Da die Rohfaserbestimmung nicht ausgeführt, auf die gefundene Trockensubstanzmenge berechnet.

Eiweissverdauung berücksichtigt wurde, während wir an Pferden experimentierten, deren Magenverdauung nach der Untersuchung von Ellenberger und Hofmeister und Goldschmidt nicht unwesentlich von der der Fleischfresser abweicht.“

b) Kohlehydratverdauung.

Tangl sieht es, allerdings nur auf Grund von zwei Versuchen, als wahrscheinlich an, dass auch eine Steigerung der Kohlehydratverdauung durch die Körperbewegung veranlasst werde. Diese Annahme ist um so mehr berechtigt, als durch den Wasserreichtum des Mageninhaltes, der noch fast die gesamte Menge des abgeschluckten, alkalischen und ptyalinhaltigen Speichels enthält, und ferner dadurch, dass im Pferdemagen die Salzsäurekonzentration erst in den späteren Verdauungsstunden hoch genug wird, um die durch die Wirkung des Ptyalins und des im Hafer enthaltenen amylytischen Fermentes ablaufende Amylyse zu stitieren, im Magen des bewegten Pferdes die günstigsten Verhältnisse für die Stärkeverdauung gegeben sind.

In der Tabelle VIII sind die diesbezüglichen Resultate unserer neuen Versuchsreihe zusammengestellt. Pferd 9 ist bei ihr ganz in Wegfall gekommen, da Rohfaserbestimmungen bei diesem Versuch nicht ausgeführt werden konnten und so eine Berechnung nicht zu ermöglichen war. Pferd 17 zeigt auch hier wieder eine ausserordentlich kräftige Verdauung, die auf die schon oben erwähnten individuellen Ursachen zurückzuführen ist.

Die Vergleichung der Resultate der zusammengehörigen Versuche, sowie die der Mittelzahlen bringt klar zum Ausdruck, dass erstens die Kohlehydratverdauung bis zur sechsten Verdauungsstunde in stetem Ansteigen begriffen ist, und dass zweitens bei den bewegten Pferden die Stärkeverdauung unter dem Einfluss der Körperbewegung (bis auf einen Fall) durchweg eine grössere wie die der ruhenden Tiere ist.

Diese Annahme stimmt für Pferd 21 nicht; leider konnten wir auch nicht durch ein Kontrollpferd oder wenigstens durch eine Kontrollbestimmung der Kohlehydrate diesen vereinzeltten Fall einer Nachprüfung unterziehen. Wir halten uns aber für berechtigt, ihm eine besondere Bedeutung nicht zuzuschreiben, um so mehr, als, wie schon in der Einleitung mehrfach betont worden ist, zwingende Beweiskraft nur mehreren übereinstimmenden Versuchen zugesprochen werden kann.

Tabelle VIII.

Ver- dauungs- stunde	Ruhe						Bewegung									
	Nr.	Ge- fundene Kohle- hydrate g	Un- gelöst g	Roh- faser g	Be- rechnete Kohle- hydrate g	Ver- daut g	Ver- daut o/o	Mittel o/o	Nr.	Ge- fundene Kohle- hydrate g	Un- gelöst g	Roh- faser g	Be- rechnete Kohle- hydrate g	Ver- daut g	Ver- daut o/o	Mittel o/o
1—1 1/2	1	965,9	918,2	164,3	971,1	52,9	5,45	12,12	5	840,6	764,5	156,8	931,3	166,8	17,91	29,07
	2	919,4	848,3	163,4	965,8	117,5	12,17		6	476,0	382	176,7 ¹⁾	618,4	236,4	38,23	
	3	402,6	347,5	122,7	429,2	81,7	19,03		7	446,5	363,4	169,2	527,2	163,8	31,07	
	4	541,6	477,9	175,6	548	70,1	12,79									
2—2 1/2	8	949,2	877,7	178,5	1055	177,3	16,81	21,13	12	832	727,7	170,8 ¹⁾	1008	270,3	26,82	36,79
	10	455,6	378,6	162,9	570,1	191,5	33,59		13	449	324,1	150,4	526,4	202,3	38,43	
	11	495,6	445,1	129,7	511,6	66,5	13		14	223,5	187,9	85,2	336,2	148,3	45,14	
3—4	15	849,8	797,3	166,3	983,9	186,6	18,97	39,68	18	310,6	249,9	113,6	448,1	198,1	44,23	47,17
	16	459,1	283,0	126	497	214	43,06		20	403,8	284,4	144,5	570	285,6	50,11	
	(17	262,5	166,0	97,9	386,2	220,2	57,02)									
	21	294,7	179,4	136,5	538,4	359	66,68		22	253,2	202,6	141	556,2	353,6	63,57	
5—5 1/2																

1) Rohfaser aus dem Rohfasergehalt des Dünndarmes berechnet.

Die vorliegenden Resultate bestätigen also die theoretische Annahme, dass die Körperbewegung die Kohlehydratverdauung im Pferdemagen steigert.

c) Eiweissverdauung.

Die Tabelle IX (S. 174) enthält die Zusammenstellung der bei der Berechnung der Eiweissverdauung erhaltenen Resultate, die in der mehrfach geschilderten Weise berechnet worden sind.

Die Beeinflussung der Eiweissverdauung durch die Körperbewegung musste von ganz besonderem Interesse sein, da ja die meisten früheren Arbeiten anderer Autoren sich auf sie bei Hunden, also Fleischfressern, und bei Menschen bezogen haben. Diese Autoren (Salvioli, Spirig) fanden, dass die Körperbewegung die Eiweissverdauung hemmte, und auch wir können die interessante Tatsache feststellen, dass in der ersten bis zweiten Verdauungstunde, aber auch nur in diesen, eine erhebliche Herabsetzung der proteolytischen Wirkung durch die Körperbewegung bewirkt worden ist. In den späteren Verdauungstunden finden wir hingegen eine deutliche vermehrte Eiweissverdauung bei den bewegten Tieren, also ganz dieselbe Erscheinung, die wir bei der Verdauung der Trockensubstanz und der Kohlehydrate beobachteten.

Unser Resultat, das eben gerade dadurch, dass es bei einem reinen Pflanzenfresser gewonnen ist, während die anderen Autoren vorzüglich Carnivoren resp. Omnivoren untersuchten, ganz besonderes Interesse beansprucht, verliert seine Auffälligkeit, wenn man die im vorliegenden Falle im Magen herrschenden Verhältnisse betrachtet. Wie wir nachgewiesen haben, wird der Magen durch die Körperbewegung in seiner Motilität gehemmt, sein Inhalt wird dabei überaus wasserreich und enthält noch fast die gesamte Menge des beim Kauen sezernierten, alkalischen Speichels. Sein Säuregehalt ist ein ganz unbedeutender und wird durch eine organische, erst in grosser Konzentration die Amylolyse hemmende und die Proteolyse anregende Säure (Milchsäure) bedingt. Es wird im Magen, solange diese für die Proteolyse ungünstigen Verhältnisse herrschen, eine solche von irgendwie beträchtlicher Wirkung nicht eintreten können, erst später, wenn mehr Salzsäure produziert worden und mehr Milchsäure durch Gärung entstanden ist, wird die Proteolyse erheblicher werden können. Nach unserer Tabelle tritt dieses Ansteigen der Proteolyse ungefähr $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden post pabulum ein.

Tabelle IX.

Ver- dauungs- stunde	Ruhe						Bewegung									
	Nr.	Eiweiss im Magen- inhalt g	Un- gelöst g	Roh- faser g	Eiweiss be- rechnet g	Ver- daut g	Ver- daut o/o	Mittel o/o	Nr.	Eiweiss im Magen- inhalt g	Un- gelöst g	Roh- faser g	Eiweiss be- rechnet g	Ver- daut g	Ver- daut o/o	Mittel o/o
1—1½	1	188,1	156,6	164,3	174,6	18,0	10,31	31,25	5	179,3	155,9	156,8	170,1	14,2	8,3	7,9
	2	158,7	101,3	163,4	173,7	72,4	41,68		6	166,8	143,1	176,7	160,1	12	7,5	
	3	112,2	69,6	122,7	111,2	41,6	37,41									
	4	126,5	85,0	175,6	181,5	46,5	35,36									
2—2½	8	197,8	170,6	178,5	189,7	19,1	10,07	19,51	12	170,6	106,7	170,8	181,3	74,6	41,15	
	9	150,7	128,3	—	—	ca. 22,4	ca. 14,8		13	114,8	60,4	150,4	138,5	73,1	54,76	45,2
	10	139,2	111,2	162,9	147,6	36,4	24,66									
	11	148,3	100,3	129,7	140,3	40	28,51		14	82,8	55,6	85,2	92,2	36,6	39,70	
3—4	15	156,1	139,2	166,3	176,7	37,5	21,22	33,2 bis 48,61 1)	18	88,7	57,5	113,6	122,9	65,4	53,21	56,43
	16	121,5	74,6	126	136,3	61,7	45,27									
	(17	73,4	23,6	97,9	105,9	82,3	79,34)		20	95,2	63,1	144,5	156,4	93,3	59,65	
	5—5½	21	95,1	77,4	136,5	147,7	70,3		47,4	47,4	22	126,8	50,4	141	152,6	102,6

1) Pferd 17 zeigt auch hier die bekannte Abnormität der ausserordentlich lebhaften Verdauung; lässt man dasselbe bei der Berechnung der Mittelzahl weg, dann sind nur 33,2 % als verdaut anzugeben.

Die Tatsache, dass die Eiweissverdauung der bewegten Tiere von der zweiten Verdauungsstunde an sogar noch erheblicher ist als die der ruhenden Pferde, zwingt zu der Annahme, dass die Körperbewegung nicht allein die Wassersekretion der Magenschleimhaut, sondern auch die Enzym- und Säureproduktion der Magendrüsen anregt und steigert. Dass in den späteren Stunden durch die vermehrte Salzsäureproduktion eine lebhaftere Proteolyse veranlasst wird, bedarf keiner weiteren Erklärung. Es könnte höchstens noch der Einwand erhoben werden, dass durch die vermehrte Säureproduktion wohl die Proteolyse begünstigt werden könnte, dass aber dann die von uns ebenfalls nachgewiesene Steigerung der Amylolyse in den späteren Verdauungsstunden unerklärlich wäre. Hierzu ist zu bemerken, dass, wie Ellenberger und Hofmeister¹⁾ und Goldschmidt²⁾ nachgewiesen und auch wir im Vorstehenden mehrfach betont haben, die Verdauung in verschiedenen Regionen des Magens auch verschieden abläuft, dass also sehr wohl neben einer starken Amylolyse linksseits eine ebenso starke Proteolyse rechtsseits im Magen bestehen kann. Diese Periode der gemischten Verdauung herrscht sogar nach Goldschmidt³⁾ während des weitaus grössten Teiles des gesamten Ablaufes der Magenverdauung.

Pferd 7 ist in die vorstehende Tabelle nicht mit aufgenommen worden. Es war ein schlechter Fresser, welcher von den vorgelegten 1500 g nur 1430 aufnahm und dazu 40 Minuten brauchte, während andere Pferde in 20 bis höchstens 30 Minuten die ganze Ration verzehrten. Die nicht genossenen 70 g Hafer liess es mit sehr viel Speichel vermischt in der Krippe zurück. Auf dieses anormale Verhalten ist auch das widersprechende Resultat dieses Versuches zurückzuführen. Von den im Mageninhalt berechneten 126,6 g Eiweiss waren nur 72,6 g ungelöst, es waren also 42,8 % verdaut. Eine derartig beträchtliche Verdauung widerspricht aber nicht nur unseren übrigen Untersuchungsergebnissen, sondern auch den früheren von Ellenberger und Hofmeister; infolgedessen ist die Aufnahme in unsere Tabelle nicht erfolgt.

Die vorstehenden Betrachtungen berechtigen zu dem Schlusse, dass die Körperbewegung nicht nur eine vermehrte Wasser-,

1) Arch. f. wissenschaft. u. prakt. Tierheilk. Bd. 8 S. 29.

2) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 10 S. 388.

3) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 10 S. 375.

sondern auch eine vermehrte Salzsäure- und Pepsinsekretion der Magenschleimhaut bewirkt. Die hierdurch veranlasste Steigerung der Proteolyse im Magen des bewegten Pferdes gelangt von der zweiten Verdauungsstunde an in deutlichster Weise zum Ausdruck. In den ersten Verdauungsstunden ist hingegen eine erhebliche Verminderung der Proteolyse gegenüber den ruhenden Pferden zu konstatieren.

III. Einfluss der Körperbewegung auf die Resorption im Magen.

In den vorhergehenden Kapiteln ist gezeigt worden, dass die Körperbewegung einen sehr erheblichen Einfluss auf die verdauenden Funktionen des Magens ausübt. Es war somit zu erwarten, dass auch die im Magen statthabenden Resorptionsvorgänge nicht unbeeinflusst sein würden.

Der Berechnung der resorbierten Nährstoffmengen, im besonderen der Trockensubstanz und des Eiweisses des verfütterten Hafers stellen sich einige Schwierigkeiten entgegen, die darin begründet sind, dass, wie schon bei einer früheren Berechnung hervorgehoben wurde, Faktoren in Rechnung gezogen werden müssen, deren genaue Bestimmung unmöglich ist, und die deshalb nur in Mittelzahlen und Annäherungswerten zum Ausdruck kommen können. Im allgemeinen wird als resorbiert diejenige Menge der einzelnen Nährstoffe aufzufassen sein, die sich als Differenz zwischen der theoretisch aus der Rohfaser zu berechnenden angewandten und der durch die Analyse tatsächlich vorgefundenen Menge der Nährstoffe ergibt. Diese einfachen Verhältnisse würden bei der Berechnung der Kohlehydratresorption in Betracht zu ziehen sein. Bei der Betrachtung der Resorption der Trockensubstanz, die zunächst behandelt werden soll, liegen die Verhältnisse insofern komplizierter, als die im Magen vorgefundene Menge nicht allein vom Versuchshafer herrührt, sondern dass ein gewisser, nicht unerheblicher Prozentsatz derselben einmal aus abgeschlucktem Speichel, dann aber auch aus den Sekreten der Magenschleimhaut, ihrer Drüsen und abgestorbenem Epithel her stammt. Während sich die Menge des abgeschluckten Speichels und seine Trockensubstanz nach den Untersuchungen und Analysen von Ellenberger und Hofmeister¹⁾ einigermaßen annähernd be-

1) Arch. f. wissensch. u. prakt. Tierheilk. Bd. 7 S. 16.

stimmen lässt, ist sowohl die Menge als auch der Trockensubstanzgehalt der Magensekrete kaum festzustellen. Wir haben bei der Berechnung für die folgende Zusammenstellung diese Schwierigkeit dadurch zu umgehen gesucht, dass wir in jedem Falle das Gewicht der Wassermenge des Mageninhalts bestimmten, von ihr das Gewicht des aus dem im Magen vorhandenen Hafer herstammenden Wassers in Abrechnung brachten und das übrigbleibende Gewicht Wasser als vom Speichel herrührend betrachteten. Die vom Hafer herrührende Menge Trockensubstanz wird dann durch Abzug der Trockensubstanz des Speichels [ca. 1 % nach Ellenberger und Hofmeister¹⁾] von der durch die Analyse gefundenen Trockensubstanz des Mageninhaltes zu berechnen sein. Der bei dieser Rechnung bewusst begangene Fehler kann die Beweiskraft der Resultate gar nicht oder nur wenig beeinträchtigen, da er bei jedem Versuche in gleicher Weise gemacht worden ist und es bei unseren Versuchen nicht auf absolute, sondern lediglich auf vergleichbare Werte ankam.

(Siehe Tabelle X S. 178.)

In beträchtlicher Weise beginnt nach der nachstehenden Tabelle die Resorption im Pferdemagen erst in der zweiten bis dritten Verdauungsstunde und nimmt allmählich, wie wir dies auch für die Verdauung nachwiesen, mit der nach der Nahrungsaufnahme verstrichenen Zeit zu. Entsprechend der bei den bewegten Pferden weiter fortgeschrittenen Verdauung ist bei ihnen auch eine vermehrte Resorption gegenüber den ruhenden Tieren wahrzunehmen, wie die Mittelzahlen deutlich veranschaulichen. Dieser Unterschied tritt auch schon in den ersten beiden Verdauungsstunden zutage, in denen sich beim ruhenden Pferde eine nennenswerte Resorption mit Sicherheit nicht feststellen lässt, während bei den bewegten Tieren schon Zahlen gefunden wurden, die, wenn sie auch sehr niedrig sind, doch ausserhalb der Fehlergrenze liegen, also deutlich auf eine Resorption hinweisen. Dass auch hier die individuelle Veranlagung eine gewisse Rolle spielt, tritt bei dem schon mehrfach erwähnten Versuchstier 17 zutage und bedarf wohl keiner besonderen Besprechung. Aus der Zusammenstellung geht deutlich hervor, dass die Resorption im Pferdemagen eng mit dem Ablauf der Verdauungsvorgänge zusammenhängt. Da die Trockensubstanz ausser einer geringeren Quantität nicht bestimmter organischer und an-

1) Arch. f. wissenschaft. u. prakt. Tierheilk. Bd. 7 S. 16.

Tabelle X.
Resorption der Trockensubstanz im Magen.

Ver- daungs- stunde	Nr.	Gewicht des Wassers im Mageninhalt		Gewicht des Speichels		Trocken- substanz des Speichels		Aus der Roh- faser berech- nete Trocken- substanz des Mageninhaltes		Gefundene Trocken- substanz des Mageninhaltes		Gefundene Trockensubstanz nach Abzug der Trockensubstanz des Speichels		Resorbiert		Mittel	Art der Körper- bewegung
		g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	o/o	o/o		
1—1 ¹ / ₂	1	2227	1984	1316	1413	20	20	1316	1413	1393	1393	—	—	—	—	?	Ruhe
	2	2706	2464	1309	1394	25	25	1309	1394	1369	1369	—	—	—	—		
	3	2265	2168	945	934	22	22	945	934	912	912	93	3,5	—	—		
	4	2212	2073	1063	1152	21	21	1063	1152	1131	1131	—	—	—	—		
2—2 ¹ / ₂	8	2461	2197	1429	1509	22	22	1429	1509	1487	1487	—	—	—	—	4,3	
	10	1859	1743	1256	1061	18	18	1256	1061	1043	1043	113	8,9	—	—		
	11	2086	1958	1102	1079	20	20	1102	1079	1059	1059	43	3,9	—	—		
	15	2212	1967	1331	1307	20	20	1331	1307	1287	1287	44	3,3	—	—		
3—4	16	2168	2044	1070	966	21	21	1070	966	945	945	125	11,7	—	—	16,9	
	(17)	1769	1673	831	551	17	17	831	551	534	534	297	35,7	—	—		
	21	2068	1933	1159	836	20	20	1159	836	816	816	343	29,6	—	—		
1—1 ¹ / ₂	5	2252	2020	1264	1298	21	21	1264	1298	1277	1277	—	—	—	—	2,3	Bewegung
	6	3560	3434	1361	1341	35	35	1361	1341	1306	1306	55	4	—	—		
	7	2496	2362	1048	1044	24	24	1048	1044	1020	1020	28	2,7	—	—		
	12	3769	3517	1365	1274	36	36	1365	1274	1238	1238	127	9,3	—	—		
2—2 ¹ / ₂	13	2918	2811	1158	1111	29	29	1158	1111	1082	1082	76	6,6	—	—	10,9	
	14	2345	2261	723	624	23	23	723	624	601	601	122	16,7	—	—		
	18	2132	2020	964	812	21	21	964	812	791	791	173	17,9	—	—		
	20	2275	2133	1227	918	22	22	1227	918	896	896	331	27	—	—		
3—4																22,5	
22	3140	3101	1197	809	32	32	1197	809	777	777	420	35,1	—	—	35,1		
5—5 ¹ / ₂																	

organischer Bestandteile hauptsächlich aus Kohlehydraten und stickstoffhaltigen Bestandteilen (Eiweiss) besteht, werden auch für die Resorption dieser Nährstoffe ihrer Verdauung analoge Verhältnisse zu erwarten sein.

Der Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme wird für die Resorption der Kohlehydrate durch die folgende Tabelle XI erbracht.

Tabelle XI.
Resorption der Kohlehydrate.

Verdauungs- stunde	R u h e					
	Nr.	Kohlehydrate a. d. Rohfaser berechnet g	Im Mageninhalt gefunden g	Resorbiert		Mittel %
				g	%	
1—1½	1	971,1	965,9	5,2	0,54	3,2
	2	965,8	919,4	46,4	4,8	
	3	429,2	402,6	26,6	6,2	
	4	548	541,6	6,4	1,17	
2—2½	8	1055	949,2	105,8	10,03	11,1
	10	570,1	455,6	114,5	20,1	
	11	511,6	495,6	16	3,13	
3—4	15	983,9	849,8	134,1	13,63	17,8
	16	497	459,1	37,9	7,63	
	(17)	386,2	262,5	123,7	32,03	
5—5½	21	538,4	294,7	243,7	45,26	45,26

Verdauungs- stunde	B e w e g u n g					
	Nr.	Kohlehydrate a. d. Rohfaser berechnet g	Im Mageninhalt gefunden g	Resorbiert		Mittel %
				g	%	
1—1½	5	931,3	840,6	90,7	9,74	16
	6	618,4	476	142,4	23,03	
	7	527,2	446,5	80,7	15,31	
2—2½	12	1008	832	176	17,46	21,9
	13	526,4	449	77,4	14,70	
	14	336,2	223,5	112,7	33,52	
3—4	18	448,1	310,6	137,5	30,7	29,9
	20	570	403,8	166,2	29,2	
5—5½	22	556,2	253,2	303	54,5	54,5

Die Resorption der Kohlehydrate steigt mit der fortschreitenden Verdauung an und ist bei den bewegten Tieren mit vermehrter Kohlehydratverdauung auch stets bedeutend beträchtlicher als bei den ruhenden. Der Unterschied tritt sofort auch in der ersten

Stunde deutlich hervor, bestätigt also unseren diesbezüglichen Schluss bei der Resorption der Trockensubstanz, bei Ruhe schwankt hier die Resorption zwischen 0,5 und 6%, bei Bewegung zwischen 10 und 23%. Auch in den späteren Stunden ist bei den bewegten Tieren die Kohlehydratresorption durchschnittlich 10% höher. Es ist somit der Schluss berechtigt, dass die Körperbewegung einen fördernden Einfluss auf die Resorption der Kohlehydrate im Magen ausübt.

Tabelle XII.
Resorption des Eiweisses.

Verdauungs- stunde	Nummer	Gewicht des Magen- inhaltes g	Körper- eiweiss ¹⁾ g	Gefundenes Eiweiss im Mageninhalt g	Gewicht des aus dem Hafer stammenden Eiweisses g	Aus der Roh- faser berech- netes Eiweiss g	Resorbiert		Mittel %	Art der Körperbewegung
							g	%		
1—1½ {	1	3640	21,8	188,1	166,3	174,6	8,3	4,8	16,1	Ruhe
	2	4100	24,6	158,7	132,1	173,7	41,6	23,9		
	3	3200	19,2	112,2	93	111,2	18,2	16,4		
	4	3364	20,2	126,5	106,3	131,5	25,2	19,2		
2—2½ {	8	3970	23,8	197,8	174	189,7	15,7	8,3	11,3	
	10	2920	17,5	139,2	121,7	147,6	26,1	17,7		
	11	3165	19	148,3	129,3	140,3	11	7,8		
3—4 {	15 ²⁾	3520	16,9	156,1	139,2	176,1	37,5	21,2	28,9	
	16	3135	18,8	121,5	102,7	136,3	33,6	24,7		
	17	2320	13,9	73,4	59,5	105,9	46,4	43,8		
5—5½	21	2905	17,4	95,1	77,7	147,7	70	47,4	47,4	
1—1½ {	5	3550	21,3	179,3	158	170,7	12,7	7,4	8,6	Be- wegung
	6 ²⁾	4900	18,7	166,8	148,1	160,1	12	7,9		
	7	3540	21,6	135	113,4	126,6	13,2	10,4		
2—2½ {	12	4940	29,6	170,6	141	181,3	40,3	22,2	27,9	
	13	4030	24,2	114,8	90,6	133,5	42,9	32,1		
	14	2970	17,8	82,8	65	92,2	27,2	29,5		
3—4 {	18	2955	17,7	88,7	61	122,9	61,9	50,4	50,9	
	20	3175	19,1	95,2	76,1	156,4	80,3	51,3		
5—5½	22	3950	23,7	126,8	103,7	152,6	48,9	32,5	32,5	

1) 0,6 % des Gesamteinhaltes sind Körpereiwiss (V. Hofmeister).

2) Bei Pferd 6 und 15 fanden sich nur 18,7 und 16,9 g Eiweiss in gelöstem Zustande im Mageninhalt vor. Da die theoretische Berechnung mehr Eiweiss als Körpereiwiss ergeben hätte, wurden nur diese Mengen als aus dem Körper stammend angenommen.

Bei der Berechnung der vorstehenden Tabelle XII, die über die Resorption der stickstoffhaltigen Bestandteile (Eiweiss) des Versuchsfutters Aufschluss gibt, lag, wie oben angedeutet, eine besondere Schwierigkeit darin, dass die im Mageninhalt analytisch ermittelte Menge Eiweiss nicht allein aus den Nahrungsmitteln her stammt, sondern ausserdem noch die Proteinstoffe des Speichels und der Magensekrete enthält. Um diese in Rechnung zu bringen, bedienten wir uns der Angaben, die V. Hofmeister in seiner Arbeit: „Über die stickstoffhaltigen Bestandteile des Darminhaltes, welche aus dem Tierkörper, aber nicht aus den Nahrungsmitteln stammen“, macht. Dieser Autor sagt daselbst¹⁾: „Einige Stunden nach der Mahlzeit wird man, wenn der Magen sich im mittleren Füllungszustande (3000—4500 g) befindet und möglichst rasch post mortem entleert wurde, nicht mehr als 0,6—0,8 % Eiweiss als Körpereiwiss in Ansatz bringen.“

Da in den vorliegenden Fällen durchschnittlich das Gewicht des Mageninhaltes 3000—4500 g betrug, ist in der Tabelle XII das Körpereiwiss mit 0,6 % des Gesamtinhaltes in Anrechnung gebracht worden.

Auch die Eiweissresorption läuft, wie Tabelle XII zeigt, in völlig analoger Weise wie die Eiweissverdauung ab. Wie wir festgestellt haben, ist die Eiweissverdauung in der ersten Verdauungsstunde bei körperlicher Ruhe viel beträchtlicher als bei Bewegung. Dementsprechend finden wir, dass in dieser Zeit bei Ruhe ungefähr doppelt soviel Eiweiss aufgesaugt worden ist als bei Bewegung. In den späteren Stunden hingegen zeigt sich deutlich, dass die Resorption bei bewegten Tieren bedeutend weiter fortgeschritten ist als bei den ruhenden, also auch hier laufen Resorption und Verdauung vollkommen parallel. Das hiermit nicht übereinstimmende Resultat des Versuches Nr. 22 vermögen wir nicht zu erklären. Wahrscheinlich hängt es mit einem Analysenfehler zusammen, der jedoch nicht mehr aufgefunden und ausgeschaltet werden konnte.

Es sei an dieser Stelle noch hervorgehoben, dass die im vorstehenden niedergelegten Beobachtungen über die Resorptionsvorgänge im Magen des bewegten oder ruhenden Pferdes nicht nur für diesen speziellen Fall, sondern für die Beurteilung der Resorptionsvorgänge im Magen des Pferdes im allgemeinen von Interesse sind. Ausser

1) Arch. f. wissenschaft. u. prakt. Tierheilk. Bd. 14 S. 47.

einigen Notizen von Ellenberger und Hofmeister und einer auf Veranlassung dieser Autoren angestellten Arbeit Goldschmidts¹⁾: „Über die Resorption im Pferdemagen“ liegen weitere Bearbeitungen dieser Frage nicht vor. Unsere grosse Versuchsreihe dürfte für die Kenntnis dieser Vorgänge infolgedessen nicht unwesentlich sein. Zunächst konnten wir im vorstehenden zeigen, dass die Resorption vollkommen mit der Magenverdauung parallel läuft, indem bei weit fortgeschrittener Verdauung auch die Grösse der aufgesaugten Mengen steigt und umgekehrt. Damit wird die Annahme Goldschmidt's (loc. cit. S. 427) bestätigt. Was schliesslich den absoluten Wert der im vorstehenden angegebenen Resorptionszahlen anlangt, so ist darauf hinzuweisen, dass die Zahlen für die Kohlehydratesorption im allgemeinen etwas zu hoch gegriffen sein dürften. Ein Teil des durch die Amylyse gebildeten Zuckers wird bekanntlich durch Milchsäuregärung sofort zerlegt und geht dadurch der Kohlehydratanalyse verloren. Wir haben diesen Faktor nicht mit in Rechnung gezogen, da die Vergleichbarkeit unsere Resultate darunter nicht leiden konnte, andererseits ist aber der durch die Milchsäuregärung entstehende Verlust auch nach der Untersuchung von Ellenberger und Hofmeister kaum sehr erheblich, umsomehr, als auch eine Resorption der Milchsäure im Magen stattfindet.

Die Werte für die Eiweissresorption sind, wie mehrfach erwähnt, nicht absolut richtig, dürften aber, da alle Fehlerquellen so gut als möglich ausgeschaltet worden sind, als annähernd richtig zu betrachten sein. Ferner ist zu beachten, dass sich in der Regel der Verdauungsgrad und demnach also auch die Resorption nach der im Magen vorhandenen Futtermenge richten wird. Je geringer diese ist, um so weiter wird die Verdauung fortgeschritten sein. Wir werden also bei unseren Versuchen (die Versuchstiere erhielten bekanntlich nach 36stündiger Karenz nur 1500—2000 g Hafer) im allgemeinen etwas hohe Resorptionszahlen erhalten haben.

Diese Einschränkungen gelten nur für die Betrachtung der von uns gefundenen Zahlen als absolute, die Resorption in den einzelnen Stadien der Verdauung kennzeichnende Werte.

An dem Gesamtergebnis unserer Betrachtungen über die Resorption im Pferdemagen vermögen sie daher Änderungen nicht hervorzurufen.

1) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 11 S. 421.

Die Resorption der Kohlehydrate und des Eiweisses im Pferdemagen hängt innig mit der Verdauung zusammen und läuft dieser vollkommen parallel. Sie beginnt schon in der ersten Verdauungsstunde und erstreckt sich auch schon in dieser sowohl auf die Kohlehydrate wie auf Proteinstoffe der Nahrungsmittel.

Während sie anfänglich nur geringfügig ist, steigt sie mit zunehmender Verdauung so an, dass durchschnittlich in der fünften bis sechsten Verdauungsstunde ca. 50% der im Magen enthaltenen, aus der Rohfasermenge berechneten Nährstoffe resorbiert worden sind.

Die Resorption unterliegt analog der Verdauung nicht unerheblichen Schwankungen durch individuelle Einflüsse.

Einen zahlenmässigen Vergleich unserer Resultate mit denen Goldschmidt's hier anzustellen, erscheint unzweckmässig, da Goldschmidt stets nur ein Versuchspferd für jede Verdauungsstunde verwandt hat, seine Resultate also den individuellen Schwankungen, deren Bedeutung aus unseren zahlreichen Parallelversuchen hervorgeht, in weitestem Masse unterworfen sind. Da ausserdem Goldschmidt die durch die Körperbewegung bedingten Verschiedenheiten (nach persönlicher Mitteilung des Institutsvorstehers haben, wie oben erwähnt, einige dieser Versuchstiere einen längeren Weg in der Zeit zwischen Nahrungsaufnahme und Tötung zurückgelegt) nicht mit berücksichtigen konnte, war es ihm auch nicht möglich, irgendwelche Gesetzmässigkeiten festzustellen. Die von ihm erhaltenen Zahlen fallen im allgemeinen alle in die von uns erhaltenen Grenzen zwischen Minimal- und Maximalwert der zusammengehörigen Versuche. Übrigens kommt Goldschmidt¹⁾ am Schlusse seiner Abhandlung zu fast derselben Folgerung wie wir, indem er sagt: „Schliesslich bemerken wir, dass der grösste Teil der verdauten N-freien Stoffe und ein beträchtlicher Teil des verdauten Eiweisses in und nach der sechsten Verdauungsstunde resorbiert ist.“

IV. Einfluss der Bewegung auf Verdauung und Resorption im Dünndarme.

Wie in der Einleitung hervorgehoben worden ist, hatten unsere Untersuchungen auch noch den Zweck, festzustellen, ob auch die Ver-

1) Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 11 S. 427.

dauungs- und Resorptionsvorgänge im Dünndarm einer Beeinflussung durch die Körperbewegung unterworfen wären. Diese Fragen lagen um so näher, als von anderen Seiten und auch bei den früheren Untersuchungen im hiesigen Institut festgestellt worden war, dass der Übertritt des Mageninhaltes in den Dünndarm beim Pferde schon sehr zeitig, wahrscheinlich schon während der Nahrungsaufnahme beginnt, der Beginn der Magen- und Dünndarmverdauung also zeitlich nahezu zusammenfällt. Eine Berücksichtigung des Dickdarminhaltes, d. h. des Inhaltes des Caecums, musste ausgeschlossen werden, weil in diesem Darmabschnitte stets noch erhebliche Überreste früherer Mahlzeiten zugegen sind, wenn Teile der neuen Mahlzeit in denselben eintreten, so dass es hier zu Durchmischungen der Überreste verschiedener Mahlzeiten kommen muss. Da nun auch, wie eingangs nachgewiesen worden ist, ein Übertritt von Nahrungsteilchen in das Caecum erst in den späteren, der fünften bis sechsten Verdauungsstunde erfolgt, konnte, wenn sich an die Untersuchung des Mageninhaltes die des Dünndarminhaltes anschloss, festgestellt werden, wie sich die gesamte Verdauung der aufgenommenen Hafermenge und die Resorption der verdauten Nahrungsstoffe gestaltete. Leider stellten sich diesem Plane praktische Schwierigkeiten entgegen, die seine Ausführung nicht nur hemmten, sondern teilweise sogar vereitelten. Wer jemals die enormen, teilweise bis 9000 g wiegenden, schleimigen Inhaltsmassen des 22 m langen Pferdedünndarmes gesehen hat, wird die dem Chemiker bei der Verarbeitung entgegenstehenden Schwierigkeiten ohne weiteres zu beurteilen wissen. Einmal bestehen diese darin, dass es fast unmöglich ist, genügende, d. h. brauchbare Mittelproben aus einer mehrere Kilogramm wiegende Flüssigkeitsmenge, die nur etwa 2—3 % Trockensubstanzgehalt hat, zu entnehmen, dann aber werden die Irrtümer, die durch unvermeidliche Analysenfehler entstehen, ebenfalls infolge der grossen Massen ausserordentlich beträchtliche.

Betrachten wir zunächst die in der folgenden Tabelle XIII zusammengestellten Daten, welche den jeweiligen Dünndarminhalt und die in ihm enthaltene Wassermenge sowie die entsprechende Prozentzahl darstellen.

Was die Inhaltsmengen anlangt, so scheint allerdings eine Abnahme dieser mit der fortschreitenden Verdauung einzutreten, was um so auffälliger ist, da ja, wie wir nachgewiesen haben, in allen Fällen die Hauptmenge der aufgenommenen Nahrungsstoffe

sich immer noch im Magen vorfindet. Der Wassergehalt hält sich konstant auf 96—98 %, wie er auch bei den früheren Untersuchungen im hiesigen Institut nachgewiesen worden ist. Die Körperbewegung scheint nicht ohne Einfluss auf den Wassergehalt zu sein, wenigstens ist in der ersten Verdauungsstunde der Darminhalt der bewegten Pferde wasserreicher als der der ruhenden. In den späteren Stunden vermischt sich der Unterschied vollkommen; es scheint also ein Ausgleich einzutreten oder der Einfluss der Individualität von grösserer Bedeutung als der der Körperbewegung zu sein. Immerhin ist es nicht unwahrscheinlich, dass analog der Magenschleimhaut wenigstens in den ersten Verdauungsstunden auch die Darmschleimhaut und deren Anhangsdrüsen (Leber und Pankreas) durch die Körperbewegung zu vermehrter Sekretion angeregt werden.

Tabelle XIII.
Wassergehalt des Dünndarminhaltes.

Ver- dauungs- stunde	R u h e				B e w e g u n g			
	Nr.	Inhalt g	Wasser g	Wasser %	Nr.	Inhalt g	Wasser g	Wasser %
1—1½	1	6940	6742	97,2	5	2770	2723	98,3
	2	6000	5816	96,9	6	4510	4475	99,2
	3	5610	5318,3	94,8				
	4	4640	4471	96,4	7	5282	5129	97,1
2—2½	8	6510	6380	98,0	12	6370	6172	96,7
	9	6060	5703	94,1	13	7985	7802	97,7
	10	3980	3776	94,9				
	11	4580	4366	95,3	14	8540	8076	94,6
3—3½	15	6200	5945	95,9	18	4695	4404	93,8
	16	5455	5253	96,3				
	17	9050	8837	97,6				
4—4½	19	4335	4235	98,1	20	3855	3720	96,5
5—5½	21	3250	3123	96,1	22	3250	3130	96,5

Bei der Betrachtung der bei der Berechnung der Darmverdauung und Resorption gewonnenen Resultate zeigte es sich, dass Schlüsse mit der Sicherheit wie bei den analogen Berechnungen im Magen nicht gezogen werden können. Zunächst ist der Grund hiervon darin zu suchen, dass, wie wir oben nachgewiesen haben, immerhin nur verhältnismässig geringe Anteile des Mageninhaltes im Verlaufe der von uns beobachteten Verdauungsstunden in den Darm übertreten, die Hauptmenge derselben aber im Magen zurückbleibt. Die Ver-

dauung des Darminhaltes ist infolgedessen in allen Fällen meist ausserordentlich vorgeschritten; die Resultate zeigen nur noch geringe Unterschiede, die innerhalb der Fehlergrenzen liegen und nicht mehr zu irgendwelchen Schlüssen berechtigen. Ferner sind aber für den Darminhalt durch die grossen Sekretmassen, die aus der Darmschleimhaut und ihren Anhangsdrüsen und schliesslich auch aus dem Magen stammen, derartig verwickelte Verhältnisse geschaffen, dass zuverlässige Berechnungen ausgeschlossen erscheinen.

Aus diesen Gründen beschränken wir uns darauf, im folgenden nur die den wenigsten Fehlern ausgesetzte Berechnung der Verdauung und Resorption der Kohlehydrate anzuführen.

Tabelle XIV.
Kohlehydratverdauung im Dünndarm.

Verdauungs- stunde	R u h e						B e w e g u n g					
	Nummer	Gefundene Kohlehydrate im Darminhalt g	Ungelöste Kohlehydrate g	Aus der Rohfaser berechnet g	Verdaut		Nummer	Gefundene Kohlehydrate im Darminhalt g	Ungelöste Kohlehydrate g	Aus der Rohfaser berechnet g	Verdaut	
					g	‰					g	‰
1—1½	1	87,4	30,7	232,9	202,7	87	5	16,2	0,1	75,9	75,8	100
	2	79,5	20,7	227	206,3	90,9						
	3	62,8	46,8	167,3	120,5	72,1	6	4,4	0	5,6	5,6	100
	4	30,5	24,5	135,4	110,9	81,9	7	22,6	13,1	108,6	95,5	88
2—2½	8	52,1	28,8	180,9	152,1	84,1	12	105,5	37,3	225,2	187,9	83,4
	10	43,5	19,8	129,6	109,8	84,7	13	39,3	25,6	90,3	74,7	82,7
							14	94	32,1	289,5	257,4	88,9

Tabelle XIV gibt die Verdauung der Kohlehydrate im Dünndarm, soweit die analytischen Bestimmungen ausgeführt werden konnten, an und zeigt, dass in der ersten Stunde die Verdauung der Kohlehydrate der bewegten Pferde am weitesten fortgeschritten ist. Das ist wohl eine Folge davon, dass nur sehr geringe Mengen des Mageninhaltes, deren theoretischer Kohlehydratgehalt bei drei Versuchstieren zwischen 6 g und 108 g schwankte, aus dem in seiner Motilität gehemmten Magen in den Darm übergetreten sind. Diese geringen Mengen mussten naturgemäss einer rascheren und gründlicheren Verdauung im Darm unterliegen als die grösseren Kohlehydratmengen 110 g bis 206 g, die beim ruhenden Pferde übergetreten sind.

In der zweiten bis dritten Verdauungsstunde sind Verschiedenheiten nicht mehr festzustellen; es tritt also Ausgleich ein.

Tabelle XV.

Kohlehydratresorption im Dünndarm.

Verdauungsstunde	Ruhe					Bewegung				
	Nr.	Ge-funden g	Be-rechnet g	Resorbiert		Nr.	Ge-funden g	Be-rechnet g	Resorbiert	
				g	%				g	%
1—1½	1	87,4	232,9	145,5	62,5	5	16,2	75,9	59,7	78,6
	2	79,5	227	147,5	65					
	3	62,8	167,3	104,5	62,5					
	4	30,5	135,4	104,9	77,5	7	22,6	108,6	86	79,2
2—2½	8	52,1	180,9	128,8	71,2	12	105,5	225,2	119,7	53,2
	10	43,5	129,6	86,1	66,4	13	39,3	90,3	61	67,6
						14	94	289,5	195,5	67,5
3—3½	16	17	133,3	116,3	87,3					
	17	44,2	181,9	137,7	75,7	18	40,2	151,9	111,7	73,5
4—4½	19	2,3	27,2	24,9	91,6	20	9,8	57,8	48	83,1
5—5½	21	4	38,7	34,7	90,9	22	0	50,5	50,5	100

Die Resorptionstabelle zeigt ebenfalls nur in der ersten bis zweiten Stunde erhebliche Unterschiede; auch hier korrespondiert die Resorption mit der Verdauung, indem in der ersten Stunde bei Bewegung die Resorption entsprechend der Verdauung höher als bei Ruhe ist. Auch hier verschwinden die Unterschiede in den späteren Stunden vollkommen. Wir gelangen dementsprechend zu dem Schlusse, dass ein Einfluss der Körperbewegung auf die Kohlehydratverdauung und Resorption im Dünndarm nur in der ersten Verdauungsstunde nachzuweisen ist, und zwar ist derselbe auch hier wie im Magen ein fördernder.

Über die Resorption und Verdauung von Eiweiss und Trockensubstanz lassen sich aus dem vorhandenen Analysenmaterial keine Schlüsse ziehen. Unterschiede, die auf den Einfluss der Körperbewegung zurückzuführen wären, treten nicht deutlich hervor, und die Schwankungen, die regellos auftreten und nur sehr gering sind, hängen wohl lediglich von der Individualität der Versuchstiere ab. Vor allem lassen sich aber deshalb keine Schlüsse ziehen, weil das aus dem Körper stammende Eiweiss des Dünndarminhaltes trotz der in dieser Richtung vorgenommenen Untersuchungen von Ellenberger

und Hofmeister und Goldschmidt in keinem Falle zu bestimmen ist. Bei der grossen Menge des Darminhaltes ist es aber von grossem Einflusse, wieviel Prozent Eiweiss man für Körper-eiweiss ansetzt.

Die vorstehenden Erörterungen berechtigen zu der Folgerung, dass die Körperbewegung auf Verdauung und Resorption der aus dem Magen in den Darm übergetretenen Inhaltmassen, also auf Verdauung und Resorption im Dünndarm einen erheblichen Einfluss nicht ausübt. Ist dies überhaupt der Fall, so dürfte er sich, wie die Betrachtung der die Verdauung und Resorption der Kohlehydrate anzeigenden Tabellen XIV und XV ergibt, lediglich auf die erste bis zweite Verdauungsstunde erstrecken. In den späteren Stunden tritt völliger Ausgleich ein; Unterschiede werden nur durch die Individualität des Versuchstieres bedingt.

V. Einfluss der Körperbewegung auf die gesamte Verdauung und Resorption einer verabreichten Mahlzeit.

Nachdem wir im vorstehenden gezeigt haben, dass der Einfluss der Körperbewegung auf die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge im Dünndarm nur unwesentlich ist, und dass er, insoweit ein solcher überhaupt nachgewiesen werden konnte, vollkommen dem Einfluss auf die Magenverdauung gleicht, war vorauszusehen, dass die Betrachtung der gesamten Verdauungs- und Resorptionsvorgänge, die sich im Magen und Dünndarm abspielen (die Verdauung im Dickdarm kann bei unserer Versuchsanordnung nicht in Betracht kommen), im wesentlichen das gleiche Bild wie die Magenverdauung geben würde.

Die gesamte Verdauung wurde in der Weise berechnet, dass wir die im Magen und Darm ungelösten Nährstoffe feststellten und deren Summe von der in der Versuchsmahlzeit verabreichten Nährstoffmenge abzogen. Bei der Gesamtresorption wird von den verabreichten Mengen stets der in den Gesamthalten festgestellte Rest an Nährstoffen abgezogen, also das festgestellt, was verschwunden war. Waren schon Teile des Versuchsfutters in den Blinddarm gelangt, so konnte dies daraus ersehen werden, dass auch Rohfaser aus Magen und Dünndarm verschwunden war. Die dieser verschwundenen Rohfasermenge entsprechenden Nährstoffmengen wurden

selbstverständlich in Anrechnung gebracht. Bei der Berechnung der Eiweissresorption mussten noch die aus dem Körper stammenden Eiweissmengen in Rechnung gebracht werden, was so exakt, als es nach den darüber vorliegenden, mehrfach zitierten Arbeiten möglich war, geschehen ist.

Ist die Voraussetzung, dass die Gesamtverdauung im Magen und Dünndarm wesentlich ein Bild der Magenverdauung ist, richtig, so wird sich das am deutlichsten bei einem Vergleich der entsprechenden Prozentzahlen der Trockensubstanzverdauung zeigen. Die Trockensubstanz enthält ausserdem sämtliche verdauliche Nährstoffe, ihr Verhalten bei der Verdauung muss also den besten Überblick über die fraglichen Verhältnisse geben.

In der folgenden Tabelle XVI sind die Prozentzahlen der Magenverdauung, d. h. die Verdauung der im Magen verbliebenen Nahrungsmittel, und der Gesamtverdauung der Trockensubstanz nebeneinander gestellt, soweit sie nach den vorhandenen Analysen berechnet werden konnten.

Tabelle XVI.

Verdauungs- stände	R u h e			B e w e g u n g		
	Nr.	Magen- verdauung o/o	Gesamte Verdauung o/o	Nr.	Magen- verdauung o/o	Gesamte Verdauung o/o
1—1½	3	15,57	12,8	6	12,79	12,9
	4	14,97	16,5	7	26,15	33,1
2—2½	10	27,49	36,2	13	21,9	27,7
	11	17	23,7	14	43,06	58,7
3—3½				18	40,12	39,3
4—4½				20	41,33	43
5—5½				22	50,8	50,1

Die Zusammenstellung zeigt, dass tatsächlich die Gesamtverdauung völlig unter dem Einflusse der im Magen geschaffenen Verhältnisse steht, indem sie vollkommen analog mit dieser verläuft. So zeigen Pferd 3 und 4 eine annähernd gleiche Magenverdauung und dementsprechend annähernd gleiche Gesamtverdauung. Bei Pferd 14 ist die Verdauung im Magen ungefähr doppelt so weit fortgeschritten wie bei Pferd 13; ganz dieselben Unterschiede zeigt die Gesamtverdauung. Ein gleichmässiges langsames Ansteigen mit zunehmender Zahl der Verdauungsstunden ist ebenfalls nachzuweisen.

Schliesslich zeigen die acht Versuche der ersten beiden Stunden, dass auch eine Steigerung der Gesamtverdauung durch die Körperbewegung unverkennbar ist.

Auf Grund dieser Tabelle ist anzunehmen, dass auch Gesamteiweiss- und Kohlehydratverdauung der Magenverdauung analog verlaufen werden. In den folgenden Tabellen sind die Prozentzahlen der Gesamtverdauung von Kohlehydraten (Tab. XVII) und Eiweiss (Tab. XVIII) denjenigen der Gesamtresorption derselben Nährstoffe gegenübergestellt.

Tabelle XVII.

a) Gesamtverdauung und Resorption der Kohlehydrate.

Verdauungs- stunde	R u h e			B e w e g u n g		
	Nr.	Verdaut %	Resorbiert %	Nr.	Verdaut %	Resorbiert %
1—1½	1	18,9	14,8	5	25,1	12,7
	2	23,9	19,1			
	3	32,4	25,4	6	40,4	23
	4	26,5	16,3	7	25,1	26,2
2—2½	8	24,4	18,9	12	33,9	24,1
	9		21,7	13	44,3	21,8
	10	48,3	20	14	64,9	49,3
3—3½	15		18,7			
	16		23,9	18		43,9
	17		51			33,9
4—4½	19		30,4	20		58,3
5—5½	21		48,2	22		

Tabelle XVII zeigt deutlich, dass Verdauung und Resorption ganz analog wie im Magen voneinander abhängig sind, so dass eine stärkere Verdauung auch eine stärkere Resorption der Nährstoffe nach sich zieht. Ein Einfluss der Körperbewegung lässt sich unzweideutig nachweisen. Während beim ruhenden Pferd in den zwei ersten Stunden durchschnittlich 25,4 % der Kohlehydrate verdaut sind, sind beim bewegten Pferd nach derselben Zeit schon 30,2 % in Lösung gegangen. In der zweiten bis dritten Verdauungsstunde zeigt sich der Unterschied noch deutlicher, indem bei Ruhe durchschnittlich 36,3 %, bei Bewegung 47,7 % der verfütterten Kohlehydrate verdaut worden sind.

Die Körperbewegung hat also einen die Kohlehydratverdauung steigernden Einfluss ausgeübt.

Die Resorption der Kohlehydrate ist ebenfalls günstig durch die Körperbewegung beeinflusst, also gesteigert worden. In der ersten bis zweiten Stunde sind durchschnittlich 18,9% bei Ruhe, gegen 20,7% bei Bewegung, resorbiert; in der zweiten bis dritten Stunde ist das Verhältnis sogar 20,2%: 31,7%, entsprechend dem ebenfalls grösseren Unterschiede der Mittelzahlen der prozentischen Verdauung. Die Resorption steigt mit zunehmender Verdauungszeit; in der fünften bis sechsten Stunde sind bei Ruhe 48,2%, bei Bewegung 58,3% der gesamten verfütterten Kohlehydrate als resorbiert anzusehen.

Tabelle XVIII.

b) Gesamtverdauung und Resorption des Eiweisses.

Verdauungs- stunde	R u h e			B e w e g u n g		
	Nr.	Verdaut %	Resorbiert %	Nr.	Verdaut %	Resorbiert %
1—1½	1	23,7	22	5	14	10
	2	50,9	44,1			
	3	46,4	36,6	6	8,4	5,6
	4	38,7	27,7	7		13,6
2—2½	8	23	21	12	48,4	33,1
	9		35			
	10	41,4	20,2	13	59,9	44,1
	11	34,9	8,9	14	62,1	32,2
3—3½	15		33,4			
	16		40,2	18		50,4
	17		65,3			
4—4½	19		37,8	20		55,7
5—5½	21		50,9	22		38

Wie wir bei der Betrachtung der Verdauung und Resorption des Eiweisses im Magen gezeigt haben, ist in der ersten bis zweiten Verdauungsstunde ein hemmender Einfluss der Körperbewegung deutlich nachzuweisen. Dieselben Verhältnisse lassen sich auch aus der vorstehenden Tabelle deutlich erkennen. Also auch bei der Eiweissverdauung sind die im Magen geschaffenen Verhältnisse massgebend für die Gesamtverdauung. Während in der zweiten bis dritten Stunde beim ruhenden Pferde Verdauung und Resorption ungefähr auf derselben Höhe wie in den Anfangsstunden bleiben, sind sie durch die Körperbewegung in mächtiger Weise gefördert worden, so dass nicht nur die in den beiden ersten Stunden geschaffene Differenz ausgeglichen worden, sondern zugleich eine nicht unbeträchtliche Überschreitung der Prozentzahlen bei Ruhe eingetreten ist.

Die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge im Magen und Dünndarm stehen demnach völlig unter dem Einflusse der Magenverdauung. Die Körperbewegung verursacht zunächst eine erhebliche Verminderung in der ersten bis zweiten Stunde nach der Nahrungsaufnahme, in den späteren Stunden hingegen eine Steigerung gegenüber den Verdauungsvorgängen, die in den gleichen Zeitabschnitten beim ruhenden Tiere ablaufen. Was die absoluten Werte der vorstehenden Resorptionstabelle anlangt, so sind diese, wie öfter betont, nur annähernde, da eine genaue Berechnung der durch den Körper ausgeschiedenen Eiweissmenge unmöglich ist. Ausserdem machen sich die individuellen Verschiedenheiten in erhöhtem Masse geltend, so dass nur auf Grund mehrerer Versuche annähernd richtige Schlüsse gezogen werden können. Man darf daher wohl annehmen, dass nach zwei bis drei Stunden 30—55 % der aufgenommenen Eiweissmenge verdaut und 20—35 % resorbiert worden sind. Nach vier bis fünf Stunden dürften 50 % sicher resorbiert sein.

Schlussbetrachtung.

Unsere Untersuchungen bezweckten, den Einfluss zu studieren, den eine sogleich nach erfolgter Nahrungsaufnahme stattfindende Körperbewegung auf die Vorgänge der Verdauung und Nährstoffabsorption ausübt. Dass wir bei diesen an einer grösseren Anzahl von Pferden ausgeführten Untersuchungen zugleich Gelegenheit nahmen, auch andere, die Verdauungsvorgänge der Einhufer betreffende Fragen ihrer Lösung entgegenzuführen und die Ergebnisse früherer, in unserem Institut bezüglich der Verdauungsvorgänge der Haustiere vorgenommenen Untersuchungen zu ergänzen und zu kontrollieren, bedarf kaum der Erwähnung.

Die Hauptergebnisse der im vorstehenden in allen ihren Einzelresultaten geschilderten Versuche und die aus diesen zu folgernden Schlüsse möchte ich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Die während der Verdauung stattfindende Körperbewegung beeinflusst die Bewegungen des Magens in der Weise, dass die Beförderung des Mageninhaltes nach dem Dünndarm, also die Entleerung des Magens, erheblich verzögert wird, so dass man demnach von einem die Magenbewegung hemmenden Einflusse der Körperbewegungen

sprechen kann. Diese Beeinflussung der Magenbewegungen ist auch bereits bei Schrittbewegung des Tieres zu konstatieren. Bei einem bewegten Pferde, welches eine mässige Mahlzeit naturgemässer Nahrungsmittel zu sich genommen hat, gelangen in den ersten Verdauungsstunden nur ganz geringe Bruchteile des Mageninhaltes in den Darm.

In den späteren Verdauungsstunden tritt die hemmende Wirkung der Körperbewegung auf die Magenmotilität nicht mehr so bedeutend in Erscheinung als in den ersten Verdauungsstunden. Sie ist aber immerhin noch deutlich wahrnehmbar.

2. Der Mageninhalt der bewegten Tiere ist stets reicher an Wasser als der der ruhenden, und zwar schwankt der Wassergehalt bei den ersteren zwischen 70 und 80 %, bei den letzteren zwischen 60 und 70 %.

Diese Tatsache ist nicht nur bei unseren 23 Versuchstieren, sondern auch bei einer grossen Anzahl anderer Pferde, an denen im hiesigen Institute in dieser Richtung von dem Institutsvorsteher und seinen Mitarbeitern (V. Hofmeister, Goldschmidt, Tangl) Untersuchungen angestellt wurden, festgestellt worden.

3. Der hohe Wassergehalt des Mageninhaltes bewegter Tiere ist in erster Linie auf eine durch die Körperbewegung hervorgerufene, gesteigerte Wassersekretion der Magenschleimhaut und nur geringgradig auf die gehemmte Wasserbeförderung nach dem Darm zurückzuführen.

Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass man im Magen bewegter Pferde erheblich mehr Wasser findet, als man in Hinblick auf die bei der Haferaufnahme erfahrungsgemäss sezernierte und abgeschluckte Speichelmenge und auf den Wassergehalt des Hafers theoretisch erwarten sollte, während bei den ruhenden Pferden weniger Wasser im Magen gefunden wird als nach der theoretischen Berechnung vorhanden sein konnte.

4. Trotz des hohen Wassergehaltes tritt auch bei den nicht nur im Schritt, sondern auch im Trabe und ausnahmsweise auch im Galopp bewegten Tieren eine Durchmischung des Mageninhaltes durch die Bewegungen des Magens nicht ein.

Man kann in physikalischer und chemischer Beziehung deutliche Unterschiede zwischen dem Inhalte des cardia- und des pylorusseitigen Abschnittes des Magens feststellen. Auch der Inhalt der mittleren Magenportion ist verschieden von dem der rechten und linken Magenabteilung.

Bei ruhenden und nur ganz leicht bewegten Tieren ist die Tatsache der Nichtdurchmischung des Mageninhaltes von Ellenberger

und seinen Mitarbeitern Hofmeister und Goldschmidt bei Pferden, Hunden und Schweinen schon früher durch chemische Untersuchungen und einfache Betrachtung mit dem Auge festgestellt worden. Die von der Mehrzahl der Physiologen immer noch als eine Tatsache gelehrte Durchmischung des Mageninhaltes durch die Magenbewegungen existiert also nicht.

5. Die im Magen des Pferdes recht erhebliche Kohlehydratverdauung wird durch die Körperbewegung bedeutend gesteigert.

Ungefähr drei Stunden nach Beendigung der Nahrungsaufnahme waren von den mit dem Hafer in den Magen gelangten und daselbst verbliebenen (also nicht nach dem Darm übergetretenen) Kohlehydraten (Stärke) bei dem ruhenden Pferde ca. 30—40 %, also ca. $\frac{1}{3}$ derselben, verdaut. Bei den bewegten Tieren war dies schon zwei Stunden nach Beendigung der Nahrungsaufnahme der Fall. Die Bewegung hatte also die Stärkeverdauung derart gesteigert, dass in zwei Stunden so viel verdaut wurde als beim ruhenden Tier in drei Stunden. In gleicher Weise hatte das ruhende Tier zwei Stunden post pabulum erst ebensoviel Stärke gelöst als das bewegte in einer Stunde. Das letztere spart also eine Stunde Verdauungszeit. Mit andern Worten kann man diese Tatsachen auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse auch so ausdrücken, dass man sagt, bei gleicher Verdauungszeit sind im Magen eines bewegten Tieres während der ersten Verdauungstunden 10 % Stärke mehr verdaut worden als bei einem ruhenden. Die Erklärung für diese Tatsachen ist S. 172 gegeben worden.

6. Die Verdauung der stickstoffhaltigen Bestandteile der Nahrungsmittel bezw. des Eiweisses im Magen wird in der ersten Stunde nach der Nahrungsaufnahme durch die Körperbewegung erheblich herabgesetzt, in den späteren Verdauungsstunden dagegen gesteigert; die Proteolyse ist also beim ruhenden Pferd zunächst bedeutender, später aber geringer als beim bewegten.

Die geringgradige, beinahe fehlende Proteolyse in der ersten Verdauungsstunde beim bewegten Tiere ist die Folge des grossen Wassergehaltes und der grossen Menge des Mageninhaltes. Dadurch kann die Salzsäure in der ersten Zeit nicht die für die Proteolyse nötige Konzentration erreichen.

7. Die Körperbewegung regt die gesamte Magensaftsekretion und damit auch die Sekretion der Enzyme und der Salzsäure an.

Die Anregung der Wassersekretion wurde schon unter 5 erwähnt. Dass aber auch die die Digestion veranlassenden Bestandteile der Magensekrete bei Körperbewegung lebhafter sezerniert werden als bei ruhenden Tieren, beweisen die unter 5 und 6 angeführten Tatsachen. Die Steigerung der Amylolyse und vor allem die der Proteolyse ist nur auf diese Weise zu erklären. Die durch ge-

steigerte Wassersekretion und gehemmte Motilität bedingten ungünstigen Verhältnisse für die Eiweissverdauung der bewegten Pferde werden durch die gesteigerte Enzymbildung nicht allein bald ausgeglichen, sondern sogar erheblich überkompensiert.

8. Nicht nur die Verdauung, sondern auch die Nährstoffabsorption des Magens wird durch die Körperbewegung gefördert. Beide stehen in einem proportionalen Verhältnisse. Die Menge der aufgesaugten Kohlehydrate ist bei den bewegten Tieren bei gleicher Verdauungszeit ca. 10% höher als bei den ruhenden. Die Aufsaugung der stickstoffhaltigen Bestandteile ist analog ihrer Verdauung in der ersten Stunde bei den bewegten Pferden geringer als bei den ruhenden. Später überwiegt sie bei den bewegten ganz bedeutend.

9. In der fünften Verdauungsstunde ist sowohl bei den ruhenden als auch bewegten Tieren durchschnittlich die Hälfte der im Magen verbliebenen, also aus dem Nahrungsmittel stammende Kohlehydrate und Eiweisskörper als aufgesaugt zu betrachten; selbstverständlich ist unter dem Einflusse der Körperbewegung die Menge des Aufgesaugten den in Punkt 8 geschilderten Schwankungen unterworfen.

Über die aufsaugende Tätigkeit des Magens herrschen sehr verschiedene Ansichten. Aus den Ergebnissen unserer jetztigen und zahlreichen früheren Untersuchungen müssen wir auf eine erhebliche aufsaugende Tätigkeit des Magens schliessen. Die nähere Begründung dieser Schlussfolgerung ist an anderer Stelle gegeben worden. Vor allem ist in dieser Beziehung darauf hinzuweisen, dass

10. das Vorrücken der Bestandteile der aufgenommenen Nahrungsmittel im Magen und Dünndarm gleichmässig abläuft, dass also nicht etwa die schwer verdaulichen und unverdaulichen Bestandteile zurückbleiben und die leicht verdaulichen lebhafter vorrücken.

Man kann also aus der Menge der im Magen oder einem Dünndarmabschnitt vorhandenen Rohfaser auf die Menge der Nährstoffe schliessen, die daselbst ungelöst und gelöst vorhanden sein müssten, wenn nichts verdaut bzw. nichts resorbiert worden wäre. Somit kann man aus dem, was an Gelöstem und Ungelöstem im Verhältnis zur vorhandenen Rohfaser fehlt, auf die Menge des Verdauten und Resorbierten schliessen. Tabelle VI bringt in Übereinstimmung mit Tangl's Anschauungen hierfür bis zur dritten bis vierten Verdauungsstunde den rechnerischen und experimentellen Nachweis.

11. Die Verdauung und Resorption im Magen ist erheblicher, als man gewöhnlich, namentlich in Hinblick auf die bei Magenexstirpationen

gemachten Erfahrungen, annimmt. Mindestens bis zur sechsten Verdauungsstunde befindet sich die Hauptmenge der aufgenommenen Nahrung im Magen, und zwar zunächst mehr bei bewegten als bei ruhenden Tieren, und unterliegt dort einer sehr ausgiebigen Verdauung.

12. Der Übertritt des Mageninhaltes in den Dünndarm beginnt schon sehr frühzeitig, wahrscheinlich schon während der Nahrungsaufnahme. Jedoch sind die übertretenden Mengen niemals beträchtlich, so dass stets nur verhältnismässig geringe Anteile der Futtermittel im Dünndarm anzutreffen sind. In Übereinstimmung mit Ellenberger und Goldschmidt fanden auch wir, dass ein Übertritt von Futterteilen in den Dickdarm erst in vier bis fünf Stunden nach der Mahlzeit zu erfolgen pflegt.

13. Die Verdauung und Resorption des bereits in den Dünndarm übergetretenen Chymus, also die Verdauungs- und Absorptionsvorgänge im Dünndarm, werden durch die Körperbewegung nur wenig beeinflusst. Für die erste und allenfalls für die zweite Verdauungsstunde kann eine Vermehrung des Wassergehaltes des Dünndarminhaltes und eine geringe Steigerung der Verdauung und Resorption der Kohlehydrate bei den bewegten Tieren mit ziemlicher Sicherheit festgestellt werden. In den späteren Verdauungsstunden verhalten sich bewegte und ruhende Pferde gleich. Jedenfalls ist die Beeinflussung der Dünndarmverdauung durch die Körperbewegung ohne Belang.

14. Die gesamte Verdauung der Nährstoffe einer aufgenommenen Mahlzeit wird durch die Körperbewegung erheblich beeinflusst und zwar gefördert. Diese Beeinflussung muss nach den obigen Darlegungen der auf die Magenverdauung stattfindenden gleich sein. Durchschnittlich sind in der zweiten bis dritten Verdauungsstunde von den gesamten im Futtermittel enthaltenen Kohlehydraten (Stärke) 35—50 %, von den stickstoffhaltigen Bestandteilen (Eiweiss) 33—55 % verdaut worden, je nachdem das Tier bei Ruhe oder bei Bewegung verdaute.

15. Die Gesamtaufsaugung erfährt ebenfalls eine erhebliche Förderung durch die Körperbewegung; sie korrespondiert mit der Gesamtverdauung und steht somit auch unter dem Einflusse der Aufsaugung im Magen. In der zweiten bis dritten Verdauungsstunde sind im allgemeinen von den Gesamtkohlehydraten 20—30 %, von den gesamten stickstoffhaltigen Bestandteilen 20—35 %

aufgesaugt worden. Fünf Stunden nach der Nahrungsaufnahme dürften von beiden durchschnittlich 50—60 %, also die Hälfte, als resorbiert anzusehen sein. Auch hier gilt die erste der beiden Zahlen für die bei Ruhe, die zweite für die bei Bewegung herrschenden Verhältnisse.

16. Tiere, welche vor der Mahlzeit bewegt wurden, ohne dass Übermüdung eintrat, und die dann während und nach der Mahlzeit ruhten, verhielten sich wie ruhende Tiere. Sie zeigten weder lebhaftere Verdauungsvorgänge noch eine Hemmung der Magenmotilität, so dass keine Unterschiede zwischen ihnen und den ruhenden Tieren hervortreten. Die in dieser Richtung angestellten Versuche sind daher nicht besonders erwähnt worden.

Die vorstehend, namentlich unter 5—8, 14, 15 gemachten Angaben, dass die Körperbewegung die Sekretion der Magen- und Darmdrüsen und der Anhangsdrüsen des Darmes steigert und dass sie dadurch eine recht erhebliche Förderung der gesamten Verdauungsvorgänge und Nährstoffabsorption hervorruft, steht mit den üblichen Ansichten und mit der bekannten Vorschrift „post coenam stabis aut mille passus meabis“ scheinbar in einem direkten Gegensatz. Solche Regeln wie die angegebene beruhen auf Erfahrungen; sie beweisen mindestens, dass die Mehrzahl der Menschen sich nach eingenommener Mahlzeit am wohlsten bei Ruhe (im Sitzen oder Stehen) oder bei einer sehr geringgradigen Bewegung fühlt.

Nun könnten ja die Verhältnisse beim Menschen andere als bei den Einhufern sein; denn generalisieren ist stets bedenklich. Nehmen wir aber an, dass im vorliegenden Falle der Mensch sich ebenso verhält wie das Pferd, dann müssen wir versuchen, die vorliegenden Widersprüche aufzuklären. Dies ist möglich, wenn man eine andere von uns festgestellte, allerdings auch mit den landläufigen Anschauungen in Widerspruch stehende Tatsache berücksichtigt.

Die Körperbewegung setzt die Motilität des Magens herab, hemmt seine Entleerung und steigert die Wassersekretion. Sie hat also zur Folge, dass sich im Magen ein relativ grosses Quantum von Inhalt anhäuft. Diese grosse, lang andauernde Füllung des Magens muss belästigend auf Mensch und Tier wirken. Die Atmung wird dadurch beeinträchtigt, die Nerven des Magens und die der benachbarten Organe werden gedrückt usw.

So erklären sich vielleicht die vom Menschen an sich selbst gemachten Beobachtungen, dass man sich bei Ruhe, namentlich nach

reichlichen Mahlzeiten, wohler fühlt als bei Bewegung. Bei starker Magenfüllung sucht sich der Organismus dadurch Erleichterung zu verschaffen, dass Entleerungen des Darminhaltes eintreten und so Platz für den erweiterten Magen geschaffen wird. So beobachtet man auch bei Tieren, die nach der Mahlzeit bewegt werden, öftere Defäkationen.

Gegen die von uns gezogenen Schlussfolgerungen könnte noch der Einwand erhoben werden, dass wir unsere Versuche an älteren Tieren gemacht haben und dass diese durch die Bewegung in höherem Grade beeinflusst worden seien, als dies bei jungen Tieren der Fall gewesen sein würde. Richtig ist es, dass, wie gerade durch unsere Versuche bewiesen wird, die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge in ganz erheblichem Masse durch individuelle Verschiedenheiten der Versuchstiere, namentlich durch Alter und Rüstigkeit, beeinflusst werden, und dass fast alle unsere Versuche an Tieren gemacht worden sind, die sich in einem relativ hohen Lebensalter befanden. Voraussichtlich wird auch bei ihnen die Verdauung etwas träger abgelaufen sein als bei jüngeren Tieren. Letzteres ist aber gleichgültig, weil ja die Vergleichstiere, die zu den Versuchen bei Ruhe und Bewegung benutzt wurden, sich in gleichem Lebensalter befanden. Der Einwurf, dass die alten Tiere durch die Bewegung in höherem Grade als junge Pferde beeinflusst würden, wird weiterhin deshalb hinfällig, da wir unseren Tieren auch nur eine ihrem Kräftezustand angemessene Anstrengung zugemutet haben; niemals wurden sie bis zur Ermüdung oder gar Erschöpfung bewegt. Jüngere Tiere hätten ganz andere und schwerere Arbeitsleistungen verrichten müssen. Wir glauben daher, dass auch dieser Einwurf unseren Resultaten in keiner Weise Abbruch tun wird.
